# Der Perspektograph.

Ein Zeichenapparat

von

M. Stühler.

München 1892.

Druck von Knorr & Hirth in München.

# Der Perspektograph.

## Ein Zeichenapparat

von

**M. Stühler.**

---

Beschreibung und Anwendung des Apparates

**nebst einer Einführung**

in die

**Grundbegriffe der Perspektive für Malerei.**

München 1892.

Druck von Knorr & Hirth in München.

# Vorwort.

Ermuntert durch das günstige Urteil der Kgl. Akademie der bildenden Künste zu München*), sowie durch die zahlreichen Vorbestellungen, mit denen ich selbst seitens der hervorragendsten Künstler beehrt wurde, faßte ich im Juli des vergangenen Jahres den Entschluß zur Veröffentlichung der vorliegenden Erfindung.

Der Wert des Apparates liegt in der raschen und

---

*) **Die Königlich bayerische Akademie der bildenden Künste in München** bestätigt hierdurch, daß der von M. Stühler erfundene Zeichnungsapparat bei Architekturaufnahmen, bei kleinerer oder größerer Wiedergabe von Gegenständen, Personen, Kunstwerken ꝛc. ꝛc. ein außerordentlich förderndes Hilfsmittel ist und daher auf das Beste empfohlen werden kann.

München, den 19. Juni 1891.

| Der Direktor: | | Der Sekretär: |
|---|---|---|
| gez. L. v. Löfftz. | (L. S.) | gez. Weber. |

sicheren Ermittelung einer korrekten Zeichnung*) und der damit verbundenen Ersparnis an Zeit und aufreibender, oft rein mechanischer Arbeit. Besonders günstig ist der Umstand, daß er der individuellen künstlerischen Empfindung und Vortragsweise freien Spielraum läßt und auf alle nur erdenklichen Fälle anwendbar ist. Die

---

*) Der von M. Stühler erfundene Perspektiv-Apparat, durch welchen das Zeichnen nach der Natur wesentlich erleichtert wird, beruht auf dem Prinzip, daß alle Teilstrecken einer homogenen Gummischnur mit den Längenänderungen derselben sich proportional verändern, daß also eine durch kleine Perlen markierte Punktreihe auf der Gummischnur sich ähnlich verändert. Diese Eigenschaft der Gummischnur erweist sich für praktische Zwecke als hinreichend zuverlässig und gestattet daher nach den mathematischen Ähnlichkeitsgesetzen sehr einfach die Ermittelung einer ähnlichen ebenen Figur in gleicher Weise, wie dies mit dem bekannten Storchschnabel geschieht.

Auf diese mathematische Grundlage stützt sich der Perspektiv-Apparat. Wenn das eine Ende einer Gummischnur, welche in entsprechender Lage eine Perle trägt, in einem Punkte, dessen Lage durch die Maßverhältnisse bestimmt ist, an der Bildebene befestigt wird und das andere Ende mit dem Zeichenstifte verbunden ist, so erhält man mittels Visieren durch eine feste Visieröffnung über die Perle nach den entsprechenden Gegenstandpunkten und mittels der durch den Zeichenstift gespannten Gummischnur eine Perspektive mit dem Zeichenstifte auf der Bildebene beschrieben; denn diese Perspektive ist ähnlich dem Schnitt, welchen die Bildebene mit der Sehstrahlenpyramide des gesehenen Gegenstandes bildet.

München, den 15. Juni 1891.

gez. **Dr. L. Burmester,**
Professor für darstellende Geometrie und Kinematik
an der Technischen Hochschule zu München.

praktische Anleitung zu dieser allseitigen Anwendung des Apparates ist in vorliegender Broschüre enthalten.

Da nun die Handhabung des Apparates um so leichter wird, je tiefer man in den inneren und äußeren Zusammenhang seiner Bestandteile eingedrungen ist, schien es mir das Beste, der „**Anwendung des Apparates**“ eine „**Beschreibung des Apparates**“ vorauszuschicken und hiebei den entwickelnden Gang der Darstellung einzuschlagen, d. h. den Apparat förmlich vor den Augen des Lesers entstehen zu lassen. Diesen beiden Abteilungen fügte ich, vielseitigen Wünschen entsprechend, unter dem Titel „**Wissenswertes**“ eine dritte Abhandlung bei, in welcher die grundlegenden Sätze der Perspektive unter mehrfachen Beziehungen auf den Apparat in populärer Darstellungsweise entwickelt sind. Um die praktischen Erörterungen nicht fortgesetzt durch die Anführung der Gründe unterbrechen zu müssen, habe ich letztere denkbarst ausgeschieden und in einem eigenen — dem theoretischen — Teile niedergelegt. Dadurch entstanden zwei Teile: der **theoretische** und der **praktische Teil**.

Mit dem *theoretischen* Teile wird man sich also nur dann befassen, wenn man sich für die allgemeine Begründung irgend eines Satzes interessiert. Auch ist es nicht etwa notwendig, den *praktischen* Teil in seinem vollen Umfange kennen zu lernen, um den Apparat handhaben zu können. Im Gegenteile! Wer z. B. nur Naturaufnahmen zu machen gedenkt, ist vollkommen unterrichtet, sobald er die Abschnitte b und f (Seite 56 und 74) gelesen hat. Mit anderen Abschnitten

mag man sich dann gelegentlich im Anschlusse an praktische Arbeiten beschäftigen. Die Lösung irgend einer Klasse von Aufgaben, nur einmal verständnisvoll ausgeführt, haftet wegen ihrer außerordentlichen Einfachheit unverwischbar im Gedächtnisse. Aber trotz aller Einfachheit der Beispiele war es nicht möglich, die vorliegende Broschüre kürzer zu fassen. Es galt Mißverständnissen vorzubeugen und, falls solche dennoch vorkommen sollten, Gelegenheit zur gründlichen Klärung derselben zu geben. Dies ist um so schwieriger, als oft seitenlange Auseinandersetzungen nötig sind, um sich über die einfachste Manipulation zu verständigen, die sich praktisch in wenigen Minuten viel besser zeigen und erklären ließe. Wer indessen bedenkt, daß es einer jahrelangen ernsten Arbeit bedarf, um einen Studienkopf oder sonst ein Stück der Erscheinungswelt annähernd richtig in Proportion und Perspektive zeichnen zu lernen, wird sich sicherlich die Mühe nicht verdrießen lassen, dem vorliegenden Werkchen einige Stunden zu widmen.

München im Februar 1892.

**Der Verfasser.**

# Inhalt.

## Anhang.



**NB.!** Auf Seite 75, Zeile 9 ist zu berichtigen: „. . . . . um den Blendrahmen dessen Größe **hier beispielsweise** 44 × 63 cm betragen soll . . . . . ."

Um allen Mißverständnissen, die sich hieraus ergeben könnten, vorzubeugen, sei an dieser Stelle eigens bemerkt, daß das Format 44 × 63 cm ganz willkürlich angenommen wurde, und daß man im Anschlusse an den Abschnitt „f) Einstellung des Apparates auf Naturbilder" selbstverständlich jedes beliebige Bildformat zur praktischen Übung verwenden kann.

# Theoretischer Teil.

## I. Beschreibung des Apparates.

### a) Zweck und Leistungen des Apparates.

Der Perspektograph ist ein Apparat zur direkten mechanischen Übertragung der Perspektive in beliebigem Maßstabe.

Da Bilder und Zeichnungen 2c. ebenso wie andere Gegenstände der Erscheinungswelt den Gesetzen der Perspektive unterstellt sind, erstreckt sich die Leistungsfähigkeit des Apparates selbstverständlich auch auf die beliebig vergrößerte, verkleinerte oder auch gleich große Wiedergabe graphischer Kunstwerke.

### b) Entwickelung und Begründung des Apparates.

Die Konstruktion des Apparates ist gegründet auf die mathematischen Gesetze über die Ähnlichkeit.

Bestimmt man nämlich (siehe Fig. 1) außerhalb eines Vieleckes abcdefg einen beliebigen Punkt O und

legt von O aus durch die Ecken dieses Vieleckes die Strahlen Oa, Ob, Oc, . . . . . . Og; nimmt man ferner auf der Verlängerung des Strahles Oa einen Punkt A an und legt durch A eine zu ab parallele Gerade, so erhält man auf der Verlängerung des Strahles Ob den homologen Punkt B — und in demselben Sinne von B ausgehend und fortfahrend das ganze ähnliche Polygon ABCDEFG. D. h.

$$\left.\begin{aligned} ab : AB &= bc : BC \\ &= cd : CD \\ &= ef : EF \\ &= fg : FG \\ &= ga : GA \\ &= ac : AC \text{ u. s. f.} \end{aligned}\right\}\text{ I. Verhältnis}$$

Den Punkt O nennt man *Ähnlichkeitspunkt*, die von O ausgehenden Strahlen *Ähnlichkeitsstrahlen*; die gleichgelagerten Ecken a und A, b und B . . . . . g und G heißen homologe Ecken, die parallel liegenden Seiten ab und AB ꝛc. und Transversalen ac und AC ꝛc. homologe Seiten bezw. homologe Transversalen, die in ein und derselben Richtung verlaufenden Strahlen Oa und OA ꝛc. in diesem Sinne auch homologe Strahlen.

Ist aber, wie vorausgesetzt, ab ⋕ AB, bc ⋕ BC . . . . fg ⋕ FG, so besteht auch folgendes Verhältnis:

$$\left.\begin{aligned} ab : AB = Oa : OA &= Ob : OB \\ &= Oc : OC \\ &= Od : OD \\ &= Oe : OE \\ &= Of : OF \\ &= Og : OG \end{aligned}\right\}\text{ II. Verhältnis.}$$

d. h. die homologen Seiten und Diagonalen ähnlicher Vielecke verhalten sich wie die Entfernungen homologer Punkte vom Ähnlichkeitspunkte.

Da das Verhältnis II für alle homologen Punkte beider Vielecke dasselbe bleibt, so hätte sich das zweite Vieleck ABCDEFG unter Benützung

1. des Ähnlichkeitspunktes,
2. der Ähnlichkeitsstrahlen und
3. des Verhältnisses II

ebenso gut ermitteln lassen, als dies durch Parallelziehen geschehen ist.

Diese drei Dinge, die demnach ein selbständiges Kriterium der Ähnlichkeit bilden, werden an unserem Apparate mechanisch dargestellt und zwar — durch einen Gummifaden.

Befestigt man nämlich einen sehr dünnen Gummifaden am Punkte O und deckt ihn in irgend welcher Spannung auf einen beliebigen Strahl ein, so sind **Ähnlichkeitspunkt** und **Ähnlichkeitsstrahl** wirklich dargestellt. Aber auch das Verhältnis II — nennen wir es fernerhin einfach das **Ähnlichkeitsverhältnis** — läßt sich durch einen in Masse, Struktur und Schnitt gleichartigen Gummifaden mit physikalisch-mathematischer Schärfe darstellen.

Markiert man z. B. (siehe Fig. 2) auf dem in O befestigten und auf den Strahl OaA eingedeckten Gummifaden die homologen Punkte a und A durch minimal kleine Perlen p und P, so wird, wenn man den Faden der Reihe nach auf alle Ähnlichkeitsstrahlen und die eine

Perle auf den einen homologen Punkt eindeckt, infolge der proportionalen Dehnung des Gummifadens die zweite Perle auf dem anderen homologen Punkte stehen müssen.

Nimmt man nun in Fig. 3 die kleinere Figur als gegeben und als ein beliebiges Vieleck mit unendlich vielen und unendlich kleinen Seiten an und ersetzt die zweite Perle P durch einen seine Spur zurücklassenden Punkt z. B. durch die Spitze P eines Zeichenstiftes, so braucht man bloß diesen Stift **so** zu führen, daß die Perle p über die Kontouren des Polygons abcde hinläuft, und man erhält das ähnliche, aber vergrößerte Abbild ABCDE.

Hiebei wäre vorausgesetzt, daß die Erhebung des Gummifadens über der Zeichnungsebene = Null gewesen, so daß eine Veränderung der Lage des Auges keine Veränderung in der Deckung hervorgebracht hätte. Da aber dieses undenkbar ist, d. h. da der Gummifaden stets eine, wenn auch noch so kleine Erhebung über der Zeichnungsebene annehmen muß, wird eine Feststellung der Lage des Auges notwendig, wovon weiter unten die Rede sein soll.

### c) Feststellung des Naturbildes.

Denken wir uns irgendwo im Raume einen festen Punkt A (Fig. 4) und von diesem Punkte A Strahlen AS nach allen Punkten S der Erscheinungswelt gezogen, so ergiebt sich ein ungeheuerer Kegel, dessen Spitze in A liegt. Denken wir uns ferner diesen Kegel irgendwo durch eine Ebene klmn senkrecht zu seiner Achse AX geschnitten, so haben wir den ganzen Begriff der Ent-

stehung des Bildes in mathematischen Formen vor uns: Der feste Punkt A ist das Auge, die Millionen Strahlen AS, welche die einzelnen Punkte S der sichtbaren Welt mit dem festen Punkte A verbinden, sind die Sehstrahlen, der entstandene Kegel ist der Sehkegel, die gedachte Schnittebene klmn ist eine Zentralprojektion oder, wie wir gewöhnlich sagen, ein Bild. Je näher diese Schnittebene dem Auge liegt, desto kleiner ist das Bild; je entfernter sie liegt, desto größer ist es. Ist Auge, Schnittebene oder Natur in Bewegung, so bewegt und verändert sich auch das Bild auf der Schnittebene und kann unmöglich fixiert werden.

Eine Feststellung des Naturbildes ist also nur dann denkbar, wenn die genannten drei Dinge insgesamt in absoluter Ruhe verharren. Von der Natur setzen wir dies als selbstverständlich voraus. Wir brauchen also nur mehr eine Schnittebene und einen Punkt zu bestimmen. Diese beiden Dinge sind demnach hervorragende Bestandteile des Apparates; durch sie wird die Natur förmlich in ein feststehendes, unbewegliches Bild verwandelt, welches dann mit dem obengenannten, auf der proportionalen Dehnbarkeit des Gummifadens beruhenden Verfahren direkt auf die Zeichnungsebene übertragen wird.

### d) Die wesentlichen Bestandteile des Apparates.

Die wesentlichen Bestandteile des Apparates sind demnach, wenn wir alles Erörterte zusammenfassen und zunächst (siehe Fig. 5) schematisch darstellen, folgende:

1. ein fester Punkt A — die Spitze des Sehkegels, das Auge, der Diopter;

2. eine feste Schnittebene klmn des Sehkegels, besser gesagt der Sehstrahlenpyramide — ein aus Stäben hergestelltes Rechteck, das Naturbild;

3. ein fester Punkt O — der Ähnlichkeitspunkt — außerhalb der Schnittebene klmn, aber zunächst noch in der Erweiterung derselben gelegen;

4. ein den Ähnlichkeitsstrahl darstellender, am Punkte O befestigter Gummifaden OP;

5. ein auf diesem Gummifaden das Ähnlichkeitsverhältnis bestimmender Punkt — die Perle p, der Führungspunkt;

6. ein zweiter am Ende des Gummifadens befestigter, seine Spur zurücklassender Punkt — die Spitze P des Zeichenstiftes;

7. Endlich gehört noch zur Vollendung des Apparates bezw. zur Ermöglichung seiner Wirksamkeit eine in der Erweiterung des Pyramidenschnittes klmn liegende Ebene KLMN — die Zeichnungsebene, der Leinwandrahmen —, auf welcher der mit der Hand dirigierte Zeichenstift P seine Spur d. h. die Zeichnung zurücklassen kann.

**e) Vervollkommnung dieser wesentlichen Bestandteile des Apparates behufs Einstellung auf beliebige Fälle.**

Jede neue Aufgabe, sofern sie nur im geringsten von einer anderen abweicht, verlangt eine neue feste Zusammenstellung der genannten sieben wesentlichen Bestandteile des Apparates. Die Vorbedingungen, welche sich hieraus in Hinsicht auf Beweglichkeit und Feststellbar-

keit dieser einzelnen Teile ergeben, und die Gesetze, welche sich daran knüpfen, sind folgende:

1. Der feste Punkt A (Fig. 5). — Das Auge, der Diopter — muß in jeder beliebigen Entfernung und Lage vor dem Rechtecke klmn fixierbar sein. Dadurch wird die Regulierung der Distanz und des Horizontes ermöglicht und die Wahl des geeignetsten Standpunktes vor dem vom Rechtecke umrahmten Naturbilde eine unbehinderte.

2. Das Rechteck klmn (Fig. 5) muß — innerhalb seiner natürlichen Grenzen zu allen erdenklichen Größen und Verhältnissen verstellbar sein — in der Erweiterung und zwar in möglichster Nähe der Zeichnungsebene liegen — und zu einem starren Systeme mit letzterer verbunden sein. Natürlich ist nicht jede beliebige Verbindung von Rechteck und Zeichnungsebene eine gleich günstige; immerhin ist zu berücksichtigen, unter welchen Voraussetzungen die zeichnende Hand am leichtesten den gegebenen Leinwandrahmen und die wichtigsten Stellen desselben beherrscht. So wird man bei einem Höhenformate (etwa Porträt) das Rechteck klmn z. B. wie in Fig. 6a und bei einem Breitenformate (vielleicht Landschaft) etwa wie in Fig. 6b anbringen.

Hieran knüpft sich noch folgende Betrachtung. Bei allen Voraussetzungen, welche sich aus der Konstruktion und Zeichnung Fig. 6a und b ergeben, ist unmittelbar einzusehen,

1. daß Rechteck klmn $\backsim$ Rechteck KLMN,
2. daß O Ähnlichkeitspunkt für beide Rechtecke ist,
3. daß $kr : km = KR : KM$

oder subst. lp : ln = KR : KM

d. h. wäre z. B. KR = $\frac{1}{3}$ KM, so müßte auch

lp = $\frac{1}{3}$ ln sein.

Nennen wir deswegen die Gerade OP, welche ln und KM in p bezw. R proportional und senkrecht schneidet, kurzweg die **Ähnlichkeitsnormale**, so haben wir zusammenfassend: Die Ähnlichkeitsnormale schneidet von den unter richtigen Voraussetzungen mit einer Seite parallel oder aufeinandergelegten ähnlichen Rechtecken beiderseits proportionale Stücke ab. Ferner liegt in ihrer Verlängerung der Ähnlichkeitspunkt.

3. Der Ähnlichkeitspunkt O. Von diesem Punkte wissen wir also schon, daß er in der Ähnlichkeitsnormalen OP (siehe Fig. 6a u. b) liegen muß. Aber auch seine Entfernung von den beiden Rechtecken ist keine beliebige, sondern eine von Größe, Format und Lage der beiden ähnlichen Rechtecke klmn (Naturbild) und KLMN (Zeichnungsebene) ahängige.

Setzen wir deshalb behufs Feststellung der Lage des Punktes O auf der Ähnlichkeitsnormalen OP

Or = x

rp = n *(natura)*

pR = d *(differentia)*

RP = c *(copia)*

so erhalten wir auf grund der Ähnlichkeitsgesetze folgende Gleichung:

$$x : n = (x + n + d) : c$$
$$cx = nx + n^2 + nd$$
$$cx - nx = n^2 + nd$$
$$x(c - n) = n^2 + nd$$
$$x = \frac{n^2 + nd}{c - n}$$

Lassen wir die Differenz d = Null werden, d. h. liegen die Seiten ln und KM aufeinander, so ergiebt sich, da $n \times 0 = 0$, die einfachere Gleichung:

$$x = \frac{n^2}{c - n}.$$

Diese Formel ist jedoch deswegen nicht anwendbar, weil jede Befestigungsvorrichtung des Rechteckes klmn eine gewisse körperliche Ausdehung voraussetzt, und schon die Dicke des Leinwandrahmens der divergierenden Sehstrahlenpyramide im Wege stehen würde. Als die vorteilhaftesten Maße für den Apparat ergaben sich nach reiflicher Erwägung und Berücksichtigung vieler Umstände die Werte d = 2 Centimeter und n = 20 Centimeter.

Nimmt man nun für die Leinwanddimension c der Reihe nach verschiedene Größen an, so hat man aus obiger Gleichung unmittelbar die Werte von x. Ist z. B.:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| c = | 20 | cm, | dann | ist | x = ∞ |
| c = | 20,1 | cm, | " | " | x = 44 m |
| c = | 21 | cm, | " | " | x = 4 m 40 cm |
| c = | 25 | cm, | " | " | x = 88 cm |
| c = | 30 | cm, | " | " | x = 44 cm |
| c = | 40 | cm, | " | " | x = 22 cm |

$c = 50$ cm, dann ist $x = 14{,}666\ldots\ldots$ cm
$c = 75$ cm, „ „ $x = 8$ cm
$c = 100$ cm, „ „ $x = 5{,}5$ cm

**Der Ähnlichkeitspunkt** O liegt also 1) in der Ähnlichkeitsnormalen OP und 2) in einer Entfernung von km, welche durch die oben besprochene Gleichung $x = \frac{n^2 + nd}{c - n}$ oder auch auf kürzerem Wege durch geometrische Konstruktion gefunden wird. Die aus dieser Gleichung für die verschiedenen „Größen" c des Rahmens sich ergebende Skala ist auf einem verlängerten Parallelschenkel des Rechtecks eingetragen.

4. Der den Ähnlichkeitsstrahl darstellende Gummifaden darf nie länger sein als $(x + n + d)$ (Fig. 6a u. b).

5. Der das Ähnlichkeitsverhältnis bestimmende Punkt — die Perle p (Fig. 6a u. b), der Führungspunkt — muß, wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind, beim Einstellen genau auf (r) dem Rande km des Rechteckes klmn stehen, während

6. der zeichnende Punkt — die Spitze P des Zeichenstiftes — sich auf (R) dem homologen Rande KM der Zeichnungsebene KLMN befindet. (Fig. 6a u. b.)

7. Die Zeichnungsebene — der Leinwandrahmen — KLMN (Fig. 6a u. b) und der mit ihr fest verbundene Apparat muß so gestellt sein, daß die bezüglichen Seiten genau lotrecht stehen, mithin klmn und KLMN einen Vertikalschnitt der Sehstrahlenpyramide darstellen, vorausgesetzt, daß keine andere Lage der Projektionsebene beabsichtigt ist.

Nun ist noch zu erwähnen, daß es unmöglich ist, den Ähnlichkeitspunkt O (Figur 6a u. b) genau in der Erweiterung der Zeichnungsebene KLMN anzubringen, weil sonst der in denkbarster Nähe der Spitze des Stiftes befestigte Gummifaden auf dem Rechtecke und der Zeichnungsebene aufliegen würde, was ein bedenklicher Übelstand wäre. Deswegen erheben wir den Ähnlichkeitspunkt O ungefähr 1 cm über die Erweiterung der Zeichnungsebene. Daß dies jedoch keine Störung der mathematischen Richtigkeit erzeugt, ist leicht zu beweisen, wie folgt:

Sei in Fig. 7

KN Queransicht des Leinwandrahmens,

kn Queransicht des oft genannten Rechtecks,

PO die bis O erweiterte Zeichnungsebene.

Wir gehen zunächst von der Voraussetzung aus, daß der Ähnlichkeitspunkt O noch in der Ebene OP, ferner die Perle p auf k und die Spitze P des Zeichenstiftes auf K liege. Lassen wir jetzt den Punkt O sich langsam in lotrechter Richtung aus der Ebene OP erheben und schließlich senkrecht oberhalb seiner ursprünglichen Lage in $O_1$ stehen bleiben, so hat auch die Perle p sich langsam in lotrechter Richtung erhoben und steht nun (wegen der proportionalen Dehnung des Gummifadens) senkrecht oberhalb p im Punkte $p_1$. In dieser Erhebung verharrt sie fortwährend, und indem die Spitze P des Zeichenstiftes über die Zeichnungsebene PP hingleitet, beschreibt die Perle $p_1$ ihre Bewegungen in einer zur Zeichnungsebene unter allen Umständen parallelen Ebene $p_1 p_1$. Diese Thatsache ermöglicht die end-

gültige wissenschaftliche Auffassung des Ganzen. Fig. 8 zeigt zwei Kegel mit den Spitzen A (Auge) und O (Ähnlichkeitspunkt). Die gemeinschaftliche Schnittebene kn (das Rechteck) bildet die vermittelnde Gleichung, so daß hinwiederum KN (die Zeichnung auf der Leinwand) und $K_1 N_1$ (die Natur) ähnlich werden müssen. Je näher O an die Schnittebene kn heranrückt, desto größer wird die Zeichnung KN auf der Leinwand und umgekehrt.

## II. Anwendung des Apparates.

### f) Einstellung des Apparates auf Naturbilder.

Man stellt den Bildrahmen KLMN (vgl. Fig. 9a und b) mit den bezüglichen Seiten lotrecht auf die Staffelei und befestigt an ihm den Apparat unter Wahrnehmung einer für Auge und Hand günstigen Stellung. Hierauf mißt man die durch die Ähnlichkeitsnormale OP bezeichnete Dimension c des Rahmens und stellt den Schenkel ST auf denjenigen Teilstrich der oben besprochenen Skala, durch dessen Nummer die Dimension c des Leinwandrahmens in Centimetern ausgedrückt wird, d. h. wäre beispielsweise c = 43 cm, so würde man ST auf 43 einstellen müssen. Dann fixiert man die Eckpunkte l und k des Rechteckes in ihrer natürlichen, durch seitlichen Widerstand bestimmten Lage und bringt unter Benutzung des in O befestigten Gummifadens den auf ST verschiebbaren Punkt O in die Verlängerung der Geraden Ll oder Kk. Stellt man jetzt die Gerade ON

oder OM durch den Gummifaden dar, so findet man unmittelbar den Eckpunkt n bezw. m des Rechteckes klmn. Nun ist O der Ähnlichkeitspunkt und der Gummifaden der bewegliche Ähnlichkeitsstrahl für beide Rechtecke. Um auch das Ähnlichkeitsverhältnis zu bestimmen, deckt man die Spitze des Zeichenstiftes auf einen beliebigen Punkt des Leinwandrahmens und die Perle auf den homologen Punkt des Rechteckes ein, d. h. während die Spitze des Stiftes z. B. auf K steht, muß die Perle auf k stehen; dasselbe gilt von den homologen Punkten L und l, M und m, N und n, R und r, P und p u. s. w.

Die Feststellung der Lage des Auges vor dem Rechtecke klmn richtet sich nach Absicht und Geschmack des Malers und bewegt sich in den weiten Grenzen, welche durch die Gesetze über Distanz, Horizont und Augenpunkt gezogen sind. Das Wissenswerteste hierüber findet sich unter den betreffenden Titeln dieser Abhandlung.

Während nun das Auge durch den Diopter hindurchschaut, und die Hand den Zeichenstift so führt, daß die Perle als Führungspunkt über die Formen der Körper hinzulaufen scheint, erzeugt sich mechanisch das Bild auf der Zeichnungsebene.

### g) Wiedergabe der Natur in Bildgrößen unter 35 cm.

Um eine jederzeit lästige Umständlichkeit des Ausdruckes zu vermeiden, bezeichnen wir fernerhin die durch die Ähnlichkeitsnormale OP (Fig. 9a und b) bestimmte Dimension einfach als Größe (des Originales

und der Kopie). In diesem Sinne ist also rp = kl = mn die „Größe" des Rechteckes und RP = KL = MN die „Größe" des Leinwandrahmens.

Ein Blick auf die unter Abschnitt e ausgeführte Berechnung der Skala läßt hinreichend erkennen, daß unmöglich alle dort gefundenen Werte praktisch-mechanisch darstellbar sind, falls das Rechteck klmn unverändert beibehalten werden soll. So läge z. B. der (Ähnlichkeits- oder) Einstellungspunkt für 20 cm Bildgröße in der Unendlichkeit, für 20,1 cm Bildgröße wäre er 44 m und für 21 cm Bildgröße 4 m 40 cm von km entfernt, während er bei Bildgrößen unter 20 cm auf der entgegengesetzten — negativen — Seite der Geraden km auftauchen würde.

Diese und andere Umstände, ließen es als zweckmäßig erscheinen, die Skala schon mit dem Teilstriche 35 abzuschließen und für die Größen zwischen 35 cm und 5 cm eine neue Einstellungsart zu wählen, die, weil bei diesen kleineren Formaten viele andere Bedingungen wegfallen, ebenso leicht und rasch zum Ziele führt: Wir nehmen deswegen an, daß (in Fig. 10) die Einstellung auf den Leinwandrahmen KLMN, dessen Größe 35 cm betragen soll, in jeder Hinsicht vollendet sei. Würden wir nun, ohne die übrigen Voraussetzungen zu ändern, das Bild KLMN nicht mit LN, sondern mit $L_1N_1$ abschließen, so müßte auch das Rechteck klmn nicht mit ln, sondern schon mit der homologen Parallelseite $l_1n_1$ seinen Abschluß finden. Ist aber $L_1N_1$ nicht der angenommene, sondern der wirkliche Rand des (weniger als 35 cm messenden) Bildrahmens, so muß

die Einstellung als vollendet betrachtet werden, sobald der bewegliche Schenkel ln des Rechteckes in die Lage $l_1 n_1$ gebracht und befestigt ist.

Gegenüber dieser durchaus richtigen Lösung bietet eine Variation desselben Prinzips wesentliche Vorteile: Durch die Verlegung des Schenkels ln nach $l_1 n_1$ ist das Rechteck $kl_1 mn_1$ unnötiger Weise von der Zeichnungsebene $KL_1 MN_1$ entfernt, dem (Null- oder) Ähnlichkeitspunkte näher gebracht und somit verkleinert worden. Je größer aber das durch das Rechteck begrenzte Naturbild und — was damit zusammenfällt — je geringer die Vergrößerung desselben ist, desto zuverlässiger ist die erhaltene Zeichnung, da einerseits an einem kleineren Naturbilde leichter ein Beobachtungsfehler gemacht wird, und andererseits bei wachsender Vergrößerung auch der Fehler wächst. Deswegen benützen wir zur Einstellung von Perle und Stift zwei homologe Punkte der Seiten ln und $L_1 N_1$, finden, indem wir den Stift auf einen Punkt der Rahmenseite KM setzen, mit Hilfe der Perle die Lage des Schenkels $k_1 m_1$ und erhalten so das Rechteck $k_1 l_2 m_1 n_2$. Ein Blick auf die Zeichnung läßt den übrigens sehr einfachen Beweis, daß das Rechteck $k_1 l_2 m_1 n_2$ unter diesen Voraussetzungen stets größer werden muß als das Rechteck $kl_1 mn_1$ als vollkommen überflüssig erscheinen. Ebenso einleuchtend ist die Thatsache, daß das Naturbild oder Rechteck $k_1 l_2 m_1 n_2$ mit zunehmender Entfernung des Ähnlichkeitspunktes O wächst. Aus diesem Grunde sollte man stets, auf den äußersten Punkt der Skala, also auf Teilstrich 35 einstellen.

Unter Berücksichtigung aller dieser Punkte gestaltet

sich das einfachste Einstellungsverfahren auf Bildgrößen unter 35 cm wie folgt: Ist der Leinwandrahmen KLMN (Fig. 11a und b) senkrecht aufgestellt und der Apparat an ihm befestigt, so rückt man den Schenkel ST auf den Teilstrich 35. Dann bestimmt man mit Hilfe der Geraden Ll den Ähnlichkeitspunkt O und stellt unter Benutzung zweier homologer auf LN und ln gelegener Punkte (etwa P und p) das Ähnlichkeitsverhältnis durch Perle und Zeichenstift dar. Ist das geschehen, so deckt man die Spitze des Stiftes auf einen Punkt der Rahmenseite KM (etwa R), bringt den parallel zu sich beweglichen Schenkel km in die nunmehr durch die Perle (bei $r_1$) bestimmte Lage $k_1 m_1$, ermittelt den Eckpunkt n oder m durch die Gerade ON oder OM und erhält so das dem Leinwandrahmen KLMN ähnliche Rechteck $k_1 l m_1 n$. Im übrigen bietet die Einstellung nichts mehr Neues oder Befremdendes.

### h) Verkleinerung vorhandener Bilder.

Nehmen wir vor einem beliebigen Bilde KLMN (Fig. 12) einen Punkt A an und verbinden diesen Punkt A mit den Eckpunkten K, L, M, N durch gerade Linien, so erhalten wir eine Pyramide, deren Basis die gegebene Bildebene ist. Denken wir uns nun diese Pyramide durch eine unbegrenzte Anzahl Ebenen klmn, $k_1 l_1 m_1 n_1$ . . . . . ꝛc. parallel zur Basis geschnitten und die Darstellung des Bildes mit Hilfe des Punktes A auf alle diese parallelen Schnittebenen zentral projiziert, so ergiebt sich eine unendliche Reihe von Bildern, die dem Originale KLMN

ähnlich sind und alle denkbaren Größen vertreten, die zwischen Null und der Größe eben dieses Originales liegen. — Entfernung und Lage des Punktes A sind hiebei vollkommen beliebig: es ist also ganz gleich, ob die genannte Pyramide eine spitze oder stumpfe, ob sie eine gerade oder schiefe ist.

Ersetzen wir jetzt den Punkt A durch das Auge, so wird die Pyramide eine Sehstrahlenpyramide, und wir brauchen nur eine jener vielen, zum Originale parallel gelagerten Schnittebenen mit dem Rechtecke unseres auf die gewünschte Größe eingestellten Apparates zu umschließen, und die Übertragung des Bildes kann erfolgen.

Diese für die Einstellung wesentlichen Voraussetzungen und Bedingungen können jedoch in einer beliebigen, wenn auch gegenseitig nicht unabhängigen Reihenfolge erfüllt werden. Der Vorzug ist selbstverständlich dem natürlichsten, bequemsten und zuverlässigsten Einstellungsverfahren einzuräumen, welches vielleicht das nachfolgende sein dürfte: Man stellt den Apparat auf die gewünschte Größe*) der Kopie ein und nimmt in ziemlicher Nähe vor dem Originale in der Weise Aufstellung, daß Rechteck und Leinwandrahmen eine parallele Lage zur Originalbildebene erhalten. Hierauf bestimmt man mit dem beweglichen Diopter die Spitze A der zugehörigen Sehstrahlenpyramide, indem man denjenigen Punkt sucht, von welchem aus sich die drei, infolge der Einstellung nicht mehr veränderlichen Seiten des Rechteckes genau mit den drei homologen Seiten des Ori-

*) Vgl. Abschnitt g.

ginales decken. Dann bringt man auch die vierte Seite des Rechteckes genau mit der homologen vierten Seite des Originales in Deckung und beginnt das Zeichnen. — Hätte die Verkleinerung immer noch erhebliche Dimensionen, so würde man das beabsichtigte Format durch entsprechende Vergrößerung einer kleineren Kopie erhalten.

### i) Vergrößerung vorhandener Bilder.

Läßt sich das Format der beabsichtigten Vergrößerung noch bequem mit der zeichnenden Hand beherrschen, und ist der Faktor der Multiplikation oder Vergrößerung kleiner als 5, so kann man sich zum Vergrößern desselben Verfahrens bedienen, wie zu dem eben besprochenen Verkleinern.

In den überwiegend meisten Fällen jedoch wird sich folgende Methode empfehlen: Wir bringen Original und Kopie in eine gemeinschaftliche Ebene auf Zeichentisch oder Staffelei und fixieren mit der vom Apparate getrennten Visiervorrichtung in entsprechender Lage das Auge als Spitze einer Sehstrahlenpyramide. Das Ähnlichkeitsverhältnis bestimmen wir unabhängig von Rechteck und Skala des Apparates, lediglich unter Anwendung bestimmter Formeln.

Behufs Entwickelung dieser Formeln denken wir uns Original und Kopie, Ähnlichkeitspunkt und Ähnlichkeitsstrahl in eine Ebene verlegt und behandeln demgemäß alle Aufgaben einfach nach den Gesetzen der ebenen Geometrie.

In der That läßt sich diese Annahme ja nie ver-

wirklichen, aber auch schon eine annäherungsweise Erfüllung dieser Voraussetzungen ergiebt nur minimale Differenzen, welche in der Praxis als völlig belanglos außer acht gelassen werden können. Überdies betreffen diese Abweichungen niemals die Richtigkeit der beabsichtigten oder erhaltenen Zeichnung, sondern der lediglich durch die Erhebung der Perle über der Originalbildebene herbeigeführte Fehler liegt darin, daß die Kopie immer ein weniges hinter den der Einstellung zu grunde gelegten Maßen zurückbleibt. Behufs Berücksichtigung und Ausgleichung dieses Fehlers könnte man sich übrigens der nachstehenden Formel bedienen: Wäre die Größe*) des Originales = A, die Entfernung des Auges von dem Originale = h und die Erhebung der Perle über der Ebene des Originales = s, so müßte statt der wahren Größe A des Originales nur die durch die Bewegungen der Perle beschriebene Pyramidenschnittebene von der Größe $A - \frac{s \cdot A}{h}$ oder $A - \left(\frac{s}{h} \cdot A\right)$ in Berechnung gezogen werden. — Gesetzt also, es wäre A = 20 cm, h = 30 cm und s = 1 mm, so wäre die bei der Einstellung zu berücksichtigende Größe nicht 20 cm, sondern 19,9333 . . . cm. — Diese Formel ist leicht zu merken, wenn man sich einprägt, daß der durch die erwähnten Entfernungen der Perle und des Auges gebildete Bruchteil des Originales bei der Einstellungsberechnung in Wegfall kommt. Doch werden derartige Spitzfindigkeiten in der praktischen Malerei selten oder nie notwendig sein.

---

*) Vgl. Abschnitt g.

Daher möge dieser Punkt auch mit vorstehender Anführung der Ausgleichungsformel als erledigt betrachtet werden.

Grundlegend für unsere Entwickelungen ist der bereits unter Abschnitt b besprochene Satz: Homologe Seiten, Transversalen und Strecken, kurz alle homologen Ausdehnungen ähnlicher Vielecke verhalten sich wie die Entfernungen beliebiger homologer Punkte oder überhaupt wie ihre Entfernungen vom Ähnlichkeitspunkte.*)

Bezeichnen wir das konstante Verhältnis, welches zwischen den homologen (Linear-)Ausdehnungen des Originales A und der Kopie B besteht, in allgemeinster Weise mit A : B und das konstante Verhältnis, welches zwischen den homologen Strahlen besteht, in gleichem Sinne mit a : b, so erhalten wir unmittelbar:

$$A : B = a : b \quad \ldots \text{(V}$$

Nun läßt die Lösung jeder Aufgabe (weil von vier wesentlichen Voraussetzungen abhängig) vier Variationen der Einstellung zu. Ist nämlich V das eben aufgestellte Verhältnis, O der Ähnlichkeitspunkt, A das Original und B die Kopie, und man bestimmt drei dieser Dinge, also

entweder 1) V O A
oder 2) V O B
oder 3) V A B
oder 4) O A B

so ergiebt sich stets das vierte.

---

*) Die ähnlichen Vielecke selbst d. h. ihre Flächen verhalten sich freilich wie die Quadrate der Entfernungen homologer Punkte vom Ähnlichkeitspunkte. Jedoch würde die Einführung

Um diese vier Fälle der Einstellung an einem praktischen Beispiele zu erläutern, wählen wir die Aufgabe, von einem Originale, das in irgend einer Dimension 23 cm mißt, eine Kopie herzustellen, welche in der homologen Ausdehnung 57 cm messen soll. — Gedenkt man die Aufgabe im Sinne der Variation 1), 2) oder 3) zu lösen, so handelt es sich zunächst darum, das Verhältnis 23 : 57 oder ganz einfach 23 cm : 57 cm auf dem Gummifaden, jedesmal vom Ähnlichkeitspunkte aus einzutragen. Mit diesem Gummifaden kann nach dem 23 cm messenden Originale überhaupt nur eine Kopie von 57 cm homologer Dimension erzielt werden. Wie hiebei O und A, O und B, A und B zu einander gelagert sind, ist vollkommen gleichgültig. — Will man sich indes der vierten Variation bedienen, so geht man von der Anordnung des Originales, der Kopie und des Ähnlichkeitspunktes aus, befestigt den Gummifaden am Ähnlichkeitspunkte und deckt Perle und Stift auf zwei beliebige homologe Punkte ein. Ein anderes Verhältnis als das bei den übrigen drei Variationen vorausbestimmte wird sich auch hier auf dem Gummifaden nicht ergeben.

Wie beliebig die schon oft besprochene Anordnung von O, A und B sein kann, veranschaulicht Fig. 13. Eben diese Figur zeigt aber auch, daß nicht jede dieser Anordnungen eine gleich zweckmäßige ist. So wäre es z. B. ungeschickt, A unnötigerweise von B zu entfernen, A auf die rechte Seite von B zu verlegen u. dgl. —

---

dieser quadratischen Beziehungen die Entwickelungen nur unnötigerweise erschweren und den Überblick über die gewonnenen Resultate verhindern.

Die natürlichste und vorteilhafteste Zusammenstellung des Originales und der Kopie ist entschieden diejenige, welche der natürlichen Lage von Auge und Hand am besten zusagt. Charakterisiert ist diese Zusammenstellung (Fig. 14a u. b) dadurch, daß erstens A und B (parallel und) so nahe als möglich aneinander liegen, und daß zweitens die größeren Seiten beider Rechtecke von der Ähnlichkeitsnormalen (OP) genau in der Mitte durchschnitten werden. — Eine Verlegung der Ähnlichkeitsnormalen je nach Umständen etwas nach auf- oder abwärts, links oder rechts, bietet indessen nicht selten mancherlei Vorteile. Jedenfalls aber sollte man das Original ohne zwingende Gründe nie so anordnen, daß die Ähnlichkeitsnormale außerhalb beider Rechtecke zu liegen käme; sondern die Beliebigkeit der Einstellung sollte mit dem Falle ihre natürlichen Grenzen erreicht haben, in welchem sich die Ähnlichkeitsnormale ($O_1$ $P_1$, $O_2$ $P_2$) mit zwei kleineren homologen Seiten beider Rechtecke deckt.

Die natürliche Länge des Gummifadens sollte nicht weniger betragen als $\frac{RP}{2}$ (vgl. Fig. 15). Daraus ergiebt sich, daß auch der Ähnlichkeitspunkt O nicht näher an die Kopie heranrücken soll, als auf die Entfernung $\frac{RP}{2}$

$$\text{d. h. } OR = \frac{OP}{3} = \frac{RP}{2}.$$

Dieses Minimum der Entfernung des Ähnlichkeitspunktes fällt zusammen mit der Einstellung $A : B = 1 : 3$. Ist der Faktor der Multiplikation größer als 3, so rückt

das Original A in der Richtung gegen den Ähnlichkeitspunkt O von B seitwärts und wird unter Benutzung der Ähnlichkeitsstrahlen in die homologe Lage gebracht. Unter besonders triftigen Umständen, natürlich ohne Rücksicht auf Schonung des Materiales, könnte ganz im gleichen Sinne auch

$$OR = \frac{OP}{4} = \frac{RP}{3}$$

ja sogar $OR = \frac{OP}{5} = \frac{RP}{4}$

angenommen werden.

Auf grund der Thatsache, daß das einmal eingetragene Ähnlichkeitsverhältnis sich in keiner Ausdehnungsphase des Gummifadens ändert, und die Anordnung von Original und Kopie (die parallele Lage homologer Seiten vorausgesetzt) eine vollkommen beliebige ist (vgl. Fig. 13), können, was mit keiner bisher bekannten Vorrichtung möglich war, bei der Übertragung Stücke aneinander gereiht und somit selbst die größten Formate erzielt werden. Zu diesem Behufe stellt man das Verhältnis A : B durch den Gummifaden dar, legt das Original an geeigneter Stelle unter Beobachtung der parallelen Lage eines Paares homologer Seiten auf die Kopie und bestimmt den Ähnlichkeitspunkt dadurch, daß man Perle und Stift auf zwei homologe Punkte eindeckt. Ist dies gewissenhaft geschehen, so wird man finden, daß sich der Ähnlichkeitspunkt genau mit zwei aufeinander liegenden homologen Punkten deckt. — Nun beginnt man das Zeichnen, überträgt in beliebiger Reihenfolge Figuren und Gruppen,

stellt neuerdings an entsprechender Stelle ein und vollendet so die Zeichnung, ohne daß die Übertragung jemals ein anderes als das ursprünglich beabsichtigte, durch Perle und Stift dargestellte Verhältnis annehmen kann.

### k) Gleich große Übertragung vorhandener Bilder.

Will man ein Bild gleich groß übertragen, so stellt man, falls die Größe des Originales bekannt ist, auf diese ein und verfährt im übrigen genau so wie bei der unter Abschnitt h behandelten Verkleinerung.

Für den Fall jedoch, daß man über die Größe des (vielleicht unzugänglichen) Originales im unklaren ist, findet man hinreichend Aufschluß unter den Abschnitten l und m.

Ist das Original von besonderer Größe, so erhält man das betreffende Format durch Vergrößerung einer kleineren Kopie.

### l) Einstellung auf Lebensgröße, halbe Lebensgröße 2c.

Eine absolut „lebensgroße" perspektivische Darstellung eines Körpers ist undenkbar. Als lebensgroß kann nur eine bestimmte, zur Projektionstafel parallele Ebene angenommen und wiedergegeben werden. Diese Ebene bezeichnen wir in unseren Entwickelungen mit E, die Entfernung derselben vom Auge mit e. Betrachten wir nun E als Basis, e als Höhe und das Auge A als Spitze einer Sehstrahlenpyramide, und denken wir uns diese Pyramide von einer zweiten zu E parallelen Ebene S,

deren Abstand vom Auge = s sein soll, durchdrungen, so haben wir, wenn E und S bloß die linearen*) Beziehungen beider Ebenen darstellen:

$$E : S = e : s$$

oder $$E : e = S : s$$

daher $$S = \frac{sE}{e} = \frac{s}{e} \cdot E$$

und $$E = \frac{eS}{s} = \frac{e}{s} \cdot S$$

D. h. auf der durch die Bewegungen der Perle beschriebenen, vom Rechtecke des Apparates umrahmten Schnittebene S haben wir ein Naturbild, welches nur ein s/e tel von E groß ist; und um dieses Naturbild S wieder auf die Lebensgröße E zurückzubringen, müssen wir S mit dem umgestürzten Bruche e/s multiplizieren. Wäre z. B. die Vertikalschnittebene E des fraglichen Objektes genau 2 m und die Schnittebene S rund 40 cm, vom Auge A entfernt, also e = 200 cm und s = 40 cm, so würde das Naturbild S bloß $^{40}/_{200} = {}^{1}/_{5}$ von E messen, und umgekehrt müßte man dieses Bild S mit 5/1 multiplizieren, um es wieder auf die Lebensgröße des Objektes E zurückzuführen.

Diese Multiplikation wird am Apparate mit Hilfe der Skala mechanisch ausgeführt. Man hat sich dabei nur einzuprägen, daß die Größe**) des Rechteckes 20 cm beträgt und mithin z. B. die Bildgröße**) 40 cm durch

---

*) Siehe Anm. Seite 20.

**) Siehe Abschnitt g.

Multiplikation der Pyramidenschnittebene mit 2 und die Bildgrößen 60, 80, 100 cm durch Multiplikation der Pyramidenschnittebene mit 3, 4, 5 erzielt werden. Da ferner das Verhältnis der Ebenen E : S vollkommen durch das Verhältnis ihrer Entfernungen e : s ausgedrückt ist, kommen die wahren Werte von E und S für die Einstellung auf Lebensgröße ganz und gar nicht in betracht. Nennen wir deshalb diejenige Zahl beziehungsweise denjenigen Teilstrich der Skala unseres Apparates, auf den in jedem bestimmten Falle behufs Lebensgröße eingestellt werden muß, einfach N (*numerus*) und behalten e und s im obigen Sinne bei, so ergiebt sich folgende

Einstellungsgleichung auf Lebensgröße

$$s : e = 20 : N$$

$$\text{oder } N = \frac{e}{s} \cdot 20.$$

Wäre z. B. e = 180 cm und s = 45 cm, so müßte man, um Lebensgröße zu erhalten, auf den Teilstrich $N = \frac{180 \cdot 20}{45} = 80$ einstellen.

Daß man $\frac{1}{2}$ Lebensgröße durch Einstellen auf $\frac{N}{2}$

$\frac{1}{3}$ " " " " $\frac{N}{3}$

$\frac{1}{x}$ " " " " $\frac{N}{x}$

erhält, liegt in der Natur der Sache und bedarf weder

einer Formel noch eines Beweises. Ist jedoch der für $\frac{N}{x}$ erhaltene Wert kleiner als 35, so darf man nicht etwa nach der im Abschnitte g erörterten Methode auf diese Größe einstellen — denn jenes Verfahren beruht auf wesentlich abweichenden Voraussetzungen — vielmehr erreicht man den fraglichen xten Teil der Lebensgröße dadurch, daß man mit dem Auge näher an das Rechteck des Apparates heranrückt, wodurch s in der Gleichung kleiner und N, mithin auch $\frac{N}{x}$, größer wird. Es giebt keinen Fall, der auf diese Weise nicht zu lösen wäre.

Auch die Frage: „Wie groß wird in diesem oder jenem Falle der Einstellung ein bestimmtes Objekt bezw. eine bestimmte Schnittebene dieses Objektes auf der Bildfläche erscheinen?" läßt sich sehr leicht beantworten. Nimmt man nämlich die Zahl N, auf welche unter den gegebenen Entfernungsverhältnissen behufs Erzielung von Lebensgröße eingestellt werden müßte, als durch die Gleichung gefunden oder bekannt an, so braucht man bloß die Zahl v *(verus num.)*, auf die man in der That einstellte, mit N zu dividieren, und man erhält jenen gesuchten Teil der Lebensgröße. Hätte man z. B. für N = 135 erhalten, in der That aber auf v = 45 eingestellt, so würde $\frac{v}{N} = \frac{45}{135} = \frac{1}{3}$ Lebensgröße auf dem Leinwandrahmen auftauchen.

Hieran läßt sich bequem die Entwickelung für den Fall anknüpfen, daß man ein unter bestimmten Voraus-

setzungen auf der Leinwandebene erhaltenes Bild von $\frac{v}{N}$ tel Lebensgröße ohne Kenntnis der wahren Maße des Objektes und ohne Vereinfachung des Bruches $\frac{v}{N}$ mittels Vergrößerung genau auf Lebensgröße bringen will. Um dies zu erreichen, trägt man das Verhältnis v : N, im obigen Falle also 45 : 135 in der bekannten Weise auf dem Gummifaden ein — und die erhaltene Zeichnung hat die gesuchte Lebensgröße. Dieses indirekte Verfahren wird dann immer anzuwenden sein, wenn eine direkte lebensgroße Aufnahme des Objektes unmöglich ist, d. h. wenn die Entfernung des Gegenstandes mehr als 3 Meter beträgt. Denn da die höchste auf der Skala eingetragene Ziffer N = 100 ist und auch s mit der Größe 60 cm seine natürliche Grenze erreicht hat, so ergiebt sich als Maximum für e aus der Hauptgleichung

$s : e = 20 : N$ unmittelbar

$$e = \frac{N \cdot s}{20} = \frac{100 \cdot 60}{20} = 300 \text{ cm} = 3 \text{ Meter.}$$

Da es sich in diesem Abschnitte um die Bestimmung von Größen handelt, die lediglich von den Werten s und e abhängig sind, darf nicht übersehen werden, daß sich die Ebene S stets, und wäre es auch nur ein Minimum, über das Rechteck erhebt, während sie jedoch unter allen Umständen parallel zur Ebene des Leinwandrahmens (mithin auch des Rechteckes) gelagert bleibt. Bei genauer Bestimmung von s ist also diese Erhebung der Perle über der Ebene des Rechteckes in Berechnung zu ziehen.

## m) Unverkürzte Wiedergabe verkürzter Bilder und Ebenen.

Aus den Gesetzen über die Pyramidenschnitte ergiebt sich unmittelbar: Jeder durch eine Pyramide parallel zur Basis geführte Schnitt erzeugt ein der Basis ähnliches Vieleck. Lage und Entfernung der Spitze sind hiebei unbeschränkt beliebig.

Betrachten wir nun in der bekannten, hauptsächlich im Abschnitte h besprochenen Weise das fragliche Bild oder die betreffende Ebene als Basis einer Sehstrahlenpyramide, so ist zunächst vollkommen gleichgültig, wohin wir die Spitze derselben verlegen, d. h. welchen Standpunkt wir behufs Wiedergabe jenes Bildes oder jener Ebene einnehmen wollen. Vorzüglich ist es nicht notwendig, daß das von der Spitze gefällte Lot den Mittelpunkt der Basis oder die Basis überhaupt noch trifft. Einzige Bedingung für die Einstellung unseres Apparates ist demnach nur die, daß das Rechteck eine jener vielen der Basis ähnlichen und mit ihr parallel gelagerten Schnittebenen umschließt, mithin also selbst parallel zur Basis steht, was überdies durch genaues Eindecken der Schenkel des Rechteckes auf die homologen Seiten des Originales kontrolliert werden kann. Im übrigen bietet die Einstellung absolut nichts Neues mehr. Für den Fall vielleicht, daß man auf gleich große Wiedergabe einstellen wollte, wäre noch zu erinnern, daß die im vorigen Abschnitte besprochenen Größen s und e als Lote aufzufassen und deswegen mit Hilfe der Erweiterung der Ebenen S und E zu messen seien.

## III. Wissenswertes.

### n) Horizont.

Unter Horizont versteht man in der Perspektive, genau so wie in der Astronomie, diejenige durch das Auge gelegte Ebene, welche auf der vom Auge nach dem Erdmittelpunkte gezogenen Geraden senkrecht steht.

Betrachten wir nun jenes winzige Stück der Erdoberfläche, mit welchem sich Maler und Perspektive befassen, als eine ebenfalls zu jener Verbindungslinie des Auges und Erdmittelpunktes senkrecht gelagerte Ebene, so sind Horizont und Erdoberfläche parallele Ebenen. Stellen wir die gegenseitige Entfernung dieser beiden Ebenen an verschiedenen Punkten durch die Geraden $h, h_1, h_2, h_3 \ldots h_n$ (vgl. Fig. 16) dar, so haben wir

$$h = h_1 = h_2 = h_3 \ldots\ldots = h_n$$

D. h., auf der als Ebene angenommenen Erdoberfläche werden alle Gegenstände in stets gleicher Höhe vom Horizonte geschnitten.

Spezielles Horizontgesetz.

Ist aber die Erde nicht eine Ebene, sondern ein beliebig gebildetes Gelände, so nimmt $h$ (vgl. Fig. 17) der Reihe nach die verschiedensten Werte an und kann sogar — vgl. $h_5$ — negativ werden, was nicht mehr eine Höhen-, sondern eine Tiefenlage des Horizontes gegenüber der Erdoberfläche bedeutet. D. h., die Höhe, in der ein im Gelände fußender Gegenstand vom Horizonte geschnitten wird, ist das Maß dafür,

wie tief das Gelände unter den Horizont gesunken, beziehungsweise gegen oder über ihn heraufgestiegen ist, und umgekehrt: je tiefer das Gelände unter den Horizont gesunken, oder je höher es gegen oder über ihn heraufgestiegen ist, desto höher oder tiefer werden die sich aus dem Gelände erhebenden Objekte vom Horizont geschnitten.

### Allgemeines Horizontgesetz.

Denken wir uns ferner in Fig. 16 die unter sich parallelen Ebenen HO und ER unendlich erweitert und eine unbegrenzte Anzahl von Höhen $h, h_1, h_2, h_3 \ldots h_n$ in ER errichtet, so werden die an und für sich gleichen Größen $h, h_1, h_2, h_3 \ldots h_n$ mit zunehmender Entfernung vom Auge fortgesetzt kleiner erscheinen, bis die letzte $h_n$ in unendlicher Entfernung scheinbar zu Null zusammenschrumpft. Da aber diese Größe $h_n$ nichtsdestoweniger mit ihrer Spitze in HO und mit ihrem Fußpunkte in ER gelegen ist, so scheint die Ebene ER vollkommen bis zum Horizont heraufgestiegen zu sein. Setzen wir statt der Ebene ein beliebiges Gelände (Fig. 17), so ändert dies nichts am Beweise. Mit zunehmender Entfernung vom Auge werden eben die Abstände aller Gegenstandspunkte vom Horizonte scheinbar kleiner und schließlich zu Null. Da nun aber der Horizont eine durch das Auge gelegte Ebene ist, mithin demselben als Gerade*)

*) Jeder in das Auge dringende Strahl, also jeder Sehstrahl, erscheint dem Auge als Punkt; jede durch das Auge gelegte Ebene projiziert sich im Auge als eine Gerade; und jeder vor dem Auge befindliche Körper stellt sich dem Auge als Fläche dar.

erscheint, so ergiebt sich der Satz: Der Horizont fällt zusammen mit der Verschwindungslinie der als Ebene angenommenen Erdoberfläche.

Die zum Zwecke gegenwärtigen Beweises unendlich erweiterte Ebene ER (Fig. 16) hat allerdings den Charakter einer für eine Calotte substituierten Ebene verloren und den einer Tangentialebene an den Erdball angenommen. Aber der Unterschied zwischen dem theoretischen und praktischen Resultate ist überhaupt so gering, daß derartige Differenzen für die Zwecke einer „Perspektive für Malerei" niemals in betracht gezogen werden können. So würde z. B. bei einer normalen Horizonterhebung von 1 m 70 cm (Horizont eines gehenden oder stehenden Mannes) ein blos 1 Kilometer entfernter Punkt der Ebene nur mehr 1,7 Millimeter unter dem Horizonte gelegen sein, falls man die Messung 1 Meter vor dem Auge vornehmen würde — während ein 10 Kilometer entfernter Punkt der Ebene unter den gleichen Voraussetzungen nur mehr 0,17 Millimeter unter den Horizont zu liegen käme.

### o) Entstehung des Bildes.

Denken wir uns das Auge a (vgl. Fig. 18) in eine feste, unveränderliche Lage gebracht und vor demselben auf der Erdoberfläche eine Projektionsebene BL senkrecht zum Horizonte HO errichtet, sowie die hinter BL gelegenen Gegenstandspunkte mit Hilfe der Sehstrahlen auf die Tafel BL projiziert und festgehalten, so ist BL ein Bild.

Da sich dieses Bild BL, von a aus gesehen, vollkommen mit der Wirklichkeit deckt, so ist es die denkbarst vollendete Wiedergabe derselben. Außerdem behauptet es allen übrigen, größeren und kleineren Formaten gegenüber das erste Anrecht auf den Namen lebensgroßes Bild. Dieses lebensgroße Bild BL wird vom Horizonte HO in einer Geraden geschnitten, welche als Horizont des Bildes bezeichnet wird. In diesem Horizonte liegt der Fußpunkt der vom Auge a auf die Bildebene BL gefällten Senkrechten, der Augenpunkt A. Der durch eben diese Senkrechte aA dargestellte Abstand des Auges a von der Bildebene BL wird Distanz d genannt. Die vom Auge ausgehenden Strahlen heißen Sehstrahlen. Der Sehstrahl, welcher durch A geht, heißt Sehaxe aA. Je zwei Sehstrahlen schließen einen Sehwinkel ein.*)

Betrachten wir nun BL als Basis beziehungsweise als Schnittebene einer Sehstrahlenpyramide und a als deren Spitze, denken wir uns ferner durch diese Pyramide parallel zu BL eine beliebige Anzahl Schnittebenen $B_1 L_1 \ldots B_5 L_5 \ldots$ u. s. f. gelegt und das auf BL vorhandene Naturbild mittels der Sehstrahlen auf alle diese Pyramidenschnitte projiziert, so ist klar, daß BL durch jede dieser Projektionstafeln ersetzt werden

*) Spricht man speziell von dem Sehwinkel, unter dem ein Bild erscheint, so ist hierunter der die größere Bilddimension einschließende Winkel zu verstehen, dessen Schenkel bei Breitenformaten im Horizonte, bei Höhenformaten dagegen in der den Horizont längs der Sehaxe aA schneidenden Vertikalebene liegen. Je kleiner dieser Sehwinkel ist, desto größer ist die Distanz und umgekehrt.

kann. Denn die von a aus erfolgte Zentralprojektion bedingt notwendigerweise auch eine absolute zentrale Deckung aller homologen d. i. aller durch den gleichen Sehstrahl projizierten Punkte. Daß sämtliche Tafeln $B_1 L_1$ .... $B_5 L_5$ ... u. s. f. dem lebensgroßen Bilde ähnlich sind, daß sie jede Größe annehmen können, die zwischen Null und Unendlich liegt, sowie daß zu den Projektionstafeln $B_1 L_1$ .... $B_5 L_5$ ....... u. s. f. die Augenpunkte $A_1$ ...... $A_5$ ..... u. s. f. und die Distanzen $aA_1$ ..... $aA_5$ .... u. s. f. gehören, ist selbstverständlich. Ebenso genügt ein einfacher Hinweis darauf, daß alle diese Projektionstafeln $B_1 L_1$ .... $B_5 L_5$ ... u. s. f. proportional vom Horizonte geschnitten werden, daß sich die Distanzen verhalten wie die homologen Linearausdehnungen der zugehörigen Bildebenen, und daß die Feststellung des Auges a und einer einzigen Pyramidenschnittebene ausreicht, um die ganze Pyramide, mithin auch das lebensgroße Bild BL in allen Punkten und Hinsichten zu bestimmen.

Diopter und Rechteck unseres Apparates versinnlichen diese Theorie der Bildentstehung; und die Grundregeln der Einstellung ergeben sich ohne Kommentar aus dem bisher Gesagten: Mit dem Diopter bestimmen wir die Spitze der Sehstrahlenpyramide, das Auge; mit dem Rechtecke umschließen wir eine jener unendlich vielen Projektionsebenen.*)

*) Hauptbedingung für die Einstellung des Rechteckes auf Naturbilder ist die, daß es jederzeit in einer zum Horizonte vertikal stehenden Ebene liegen muß. Bei der Feststellung des Diopters ist zu bedenken, daß sowohl die absolute Erhebung des Horizontes

## p) Zusammenhang zwischen Entfernung und scheinbarer Größe.

Im Gegensatze zur wahren oder wirklichen Größe eines Objektes bezeichnen wir dessen Projektion als perspektivische oder scheinbare Größe.

Das Verhältnis der scheinbaren Größen unverkürzter d. h. solcher gerader Linien, welche mit der Bildfläche parallel laufen, läßt sich unmittelbar durch die wahren Größen und Entfernungen derselben ausdrücken. — Die Bestimmung der scheinbaren Größen verkürzter Geraden hingegen ist wegen der damit verbundenen Umständlichkeit der Voraussetzung und Berechnung ohne Wert für die Zwecke einer praktischen Perspektive.

Die Entfernungen der Objekte sind nur an der Sehaxe zu messen und zwar in der Weise, daß man diese bis zum Schnittpunkte mit derjenigen Ebene verlängert, welche durch das fragliche Objekt parallel zur Bildebene gelegt ist.*)

Sei nun in Fig. 19 HO der Horizont, a das Auge, BL die Bild- oder Projektionsebene, auf der die scheinbaren Größen verglichen werden sollen; seien ferner

---

über der Erdoberfläche, wie die relative Erhebung desselben in der Bildebene, ferner die Lage des Augenpunktes und die Größe der Distanz beziehungsweise des Sehwinkels von der Bestimmung der Lage des Auges abhängig ist.

*) Die Berechtigung dieser Annahme ergiebt sich aus den Gesetzen über parallele Pyramidenschnitte und wird, da in Künstlerkreisen über diesen Punkt eine lebhafte Meinungsverschiedenheit besteht, in Abschnitt t. noch besonders besprochen werden.

die linearen Größen $F_1$ und $G_1$ parallel zu einander und zur Bildfläche BL (hier z. B. senkrecht zu HO) im Gelände aufgestellt, $F_1$ die Strecke f und $G_1$ die Strecke g vom Auge entfernt und

$$F_1 = G_1 \quad \ldots (1$$

so ergiebt sich unmittelbar:

$$f : g = G_2 : G_1$$

oder auch subst. aus (1 $f : g = G_2 : F_1$

aber auch $f : g = G_2 : F_1 = G : F$

also $f : g = G : F$

D. h. bei gleich großen Objekten verhalten sich die scheinbaren Größen umgekehrt, wie die Entfernungen.

Oder $f \cdot F = g \cdot G$

D. h. bei gleich großen Objekten sind die Rechtecke (Produkte) aus wahrer Entfernung mal scheinbarer Größe einander gleich.*)

## q) Distanz.

Ist in Fig. 20 HO der Horizont, a das Auge, BL das lebensgroße Bild, A der Augenpunkt, so ist aA = d die Distanz. Denken wir uns nun in der Entfernung e parallel zur Ebene des lebensgroßen Bildes BL die lineare Größe m errichtet und die gleiche lineare Größe l auch in BL eingetragen, so ergiebt sich die scheinbare Größe x des Objektes m, wenn wir l

*) Durch die Einführung ungleicher statt gleicher Größen ($F_1$ und $G_1$) ist kein für die Praxis verwendbares Resultat zu erzielen.

als die wirkliche oder Lebensgröße desselben betrachten, unmittelbar aus folgender Gleichung:

$$x : m = d : e$$

oder da $m = l$

auch $x : l = d : e$

daher $x = \frac{d}{e} \cdot l$ Hauptgleichung*)

Setzen wir nun für e der Reihe nach die Werte $e = 1d$, $e = 2d$, $e = 3d$, ...... $e = nd$, so ergeben sich die zugehörigen Werte von x aus der Hauptgleichung, wie folgt:

Falls $e = 1d$, dann $x = \frac{d}{1d} \cdot l = \frac{1}{1}\, l =$ ganze Lebensgröße,

„ $e = 2d$, „ $x = \frac{d}{2d} \cdot l = \frac{1}{2}\, l =$ halbe Lebensgröße,

„ $e = 3d$, „ $x = \frac{d}{3d} \cdot l = \frac{1}{3}\, l =$ drittels Lebensgröße,

„ $e = 4d$, „ $x = \frac{d}{4d} \cdot l = \frac{1}{4}\, l =$ viertels Lebensgröße,

. . . . .

„ $e = nd$, „ $x = \frac{d}{nd} \cdot l = \frac{1}{n} \cdot l =$ n tels Lebensgröße.

Damit ist erwiesen, daß das infolge Entfernungsunterschiedes der Objekte eintretende Abnahmeverhältnis der scheinbaren Größen

---

*) D. h. wäre beispielsweise $d = 3$ Meter, so würde sich die scheinbare Größe eines 18 Meter entfernten Objektes mit $^3/_{18} = ^1/_6$ Lebensgröße auf BL projizieren.

einzig und allein durch die Distanz bestimmt wird.

Ist z. B. in Fig. 21 eine Reihe unter sich gleicher Objekte im Sinne der bisherigen Voraussetzungen, also in den Entfernungen 1 d, 2 d, 3 d, ...... n d aufgestellt, so projiziert sich auf BL:

das 1te Objekt stets in genau $\frac{1}{1}$ Lebensgröße
„ 2te „ „ „ $\frac{1}{2}$ „
„ 3te „ „ „ $\frac{1}{3}$ „
„ 4te „ „ „ $\frac{1}{4}$ „
„ 5te „ „ „ $\frac{1}{5}$ „
„ 6te „ „ „ $\frac{1}{6}$ „
⋮ ⋮
„ nte „ „ „ $\frac{1}{n}$ „

Und dieses Verhältnis tritt stets ein, ob nun d = 100 Meter oder (was in der Theorie ebenso wenig angetastet werden kann) ob d nur 1 Centimeter groß ist. Der Unterschied ist aber der, daß das erste Bild in Abständen von je 100 Metern und das zweite in Abständen von je 1 Centimeter von ganzer auf halbe, drittels, viertels ..... ntels Lebensgröße übergeht, und daß infolge dessen hier ein nur 1 Meter und dort ein schon 10 Kilometer entferntes Objekt $^1/_{100}$ Lebensgröße annimmt, woraus auf der einen Seite die ungeheuer

rapide und auf der anderen Seite die außerordentlich langsame Abnahme der Größenverhältnisse hervorgeht.

Seien ferner in Fig. 22 (unter Beibehaltung der sonst üblichen Bezeichnungen) ER, HO und MN parallele Ebenen und die zwischen diesen Ebenen eingeschlossenen Senkrechten $m_1$, $m_2$, $m_3$, .... $m_n$ in eine gemeinschaftliche, den Horizont längs der Sehaxe aA schneidende Ebene gebracht, so bilden die scheinbaren Größen dieser Senkrechten das Maß für die scheinbare Annäherung erstens der parallelen Ebenen unter sich und zweitens der durch die genannte Vertikalschnittebene erzeugten parallelen Geraden. D. h. das Verhältnis der scheinbaren gegenseitigen Annäherung paralleler Ebenen oder Geraden ist identisch mit dem Abnahmeverhältnis der scheinbaren Größen gleicher Objekte. Also ist auch die scheinbare Konvergenz der unter sich parallelen Geraden oder — wie sie in der Perspektive genannt werden — der Fluchtlinien einzig und allein von der Größe der Distanz abhängig.

Wäre z. B. die Distanz 1 Centimeter, so würden sich die Fluchtlinien in den Entfernungen 1, 2, 3, 4, 5 ... 10 ... 100 Centimeter gegenseitig scheinbar auf $^1/_1$, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ ... $^1/_{10}$ ... $^1/_{100}$ ihres ursprünglichen, am lebensgroßen Bilde gemessenen Abstandes genähert haben. Wäre die Distanz 100 Meter, so würde die scheinbare, gegenseitige Annäherung der Fluchtlinien erst in den Entfernungen 100, 200, 300, 400, 500 .... 1000 .... 10000 Meter je $^1/_1$, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ .... $^1/_{10}$ .... $^1/_{100}$ ihres wirklichen oder lebensgroßen Abstandes betragen. Diese ungeheueren Gegensätze sprechen

besser als alle Worte für die unvergleichlich ausschlaggebende Bedeutung der Distanzbestimmung.

Es ist selbstverständlich gleichgültig, ob in Fig. 22 das eben besprochene Verhältnis auf die gegenseitige Annäherung der Ebenen ER und MN unter sich oder auf die Annäherung derselben gegen den Horizont bezogen wird. Nichtsdestoweniger soll die scheinbare Annäherung oder Steigung der Erdoberfläche gegen den Horizont, (die Erdoberfläche natürlich als Ebene angenommen) im nachfolgenden noch von einem anderen Standpunkte aus untersucht werden.

Sei daher (abgesehen von den sonst üblichen Bezeichnungen) in Fig. 23 die Horizonterhebung AL = h, so ergiebt sich direkt:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jeder | 1d | entfernte | Punkt | des | Geländes | liegt | $\frac{1}{1}$ h |
| " | 2d | " | " | " | " | " | $\frac{1}{2}$ h |
| " | 3d | " | " | " | " | " | $\frac{1}{3}$ h |
| " | 4d | " | " | " | " | " | $\frac{1}{4}$ h |
| " | 5d | " | " | " | " | " | $\frac{1}{5}$ h |
| | ⋮ | | | | | | |
| " | nd | " | " | " | " | " | $\frac{1}{n}$ h |

unter dem Horizonte.

Behufs Feststellung des Verhältnisses, in welchem sich die einzelnen Strecken $d_2$, $d_3$, $d_4$, $d_5$ .... $d_n$ des Ge-

ländes ER auf AL projizieren, haben wir nun folgendes: Es beträgt die Projektion

$$\text{von } d_2 = \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2}\right) h = \left(\frac{1}{1 \cdot 2}\right) h = \frac{1}{2}\ h$$

$$d_3 = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) h = \left(\frac{1}{2 \cdot 3}\right) h = \frac{1}{6}\ h$$

$$d_4 = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) h = \left(\frac{1}{3 \cdot 4}\right) h = \frac{1}{12}\ h$$

$$d_5 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{5}\right) h = \left(\frac{1}{4 \cdot 5}\right) h = \frac{1}{20}\ h$$

$$\vdots \qquad\qquad\qquad\qquad \vdots$$

$$d_n = \left(\frac{1}{n-1} - \frac{1}{n}\right) h = \left(\frac{1}{(n-1) \cdot n}\right) h = \frac{1}{n^2 - n} \cdot h$$

Auch dieses Verhältnis zeigt, von welch' ungeheuerer Bedeutung die Wahl der Distanz für die Wirkung des beabsichtigten Bildes ist. — Wäre nämlich die Distanz d = 1 Centimeter, so würde schon der erste Centimeter des im Bilde dargestellten Geländes bis zur Hälfte gegen den Horizont heraufsteigen, was bei 100 Metern Distanz erst nach 100 Metern der Fall wäre.

Bezieht man die allgemeine Gleichung

$$d_n = \frac{1}{n^2 - n} \cdot h \text{ auf } d_1\text{, so hat man:}$$

$$d_1 = \left(\frac{1}{1^2 - 1}\right) \cdot h = \left(\frac{1}{1 - 1}\right) \cdot h = \frac{1}{0} \cdot h = \infty$$

D. h. die Projektion von $d_1$ ist unendlich. Dies ist auch unmittelbar einzusehen, wenn man bedenkt, daß der Projektionsstrahl af parallel zu AL ist, mithin die Projektionsebene BL niemals treffen kann. Praktisch

bedeutet dies: Unter Voraussetzung der vertikalen Lage der Projektionsebene ist kein Bild denkbar, welches den senkrecht unter dem Auge liegenden Punkt (den Fußpunkt f) in den Bereich seiner Darstellung ziehen könnte.

## r) Fluchtpunkte.

Eine Anzahl unter sich paralleler Geraden faßt man unter der Bezeichnung Strahlenbündel zusammen. Die einen solchen Strahlenbündel bildenden Parallelen scheinen sich mit zunehmender Entfernung vom Auge gegenseitig anzunähern und schließlich in einem Punkte zu vereinigen, den man (Verschwindungspunkt oder) Fluchtpunkt nennt. Die Lage dieses Fluchtpunktes wird durch den mit dem betreffenden Strahlenbündel parallel laufenden Sehstrahl bestimmt.

Zum Beweise sei in Fig. 24 der senkrechte Querschnitt eines solchen Strahlenbündels, bestehend aus den Parallelstrahlen $S_1$, $S_2$, .... $S_8$, dargestellt. Der zu diesem Strahlenbündel parallel gelegte Sehstrahl sei a. Denkt man sich nun die Abstände der einzelnen Parallelstrahlen vom Sehstrahle durch eine unendliche Anzahl Gerader dargestellt, so scheinen die Größen dieser gedachten Abstände, je weiter sie sich vom Auge entfernen, abzunehmen und schließlich Null zu werden oder, was dasselbe ist, Seh- und Parallelstrahl laufen scheinbar in einen einzigen Punkt, den Fluchtpunkt F, zusammen. Da aber der Sehstrahl a dem Auge bekanntermaßen selbst als Punkt erscheint, so deckt sich der Fluchtpunkt F im Auge vollkommen mit dem Punkte oder Sehstrahle a.

D. h. der Fluchtpunkt eines Strahlenbündels wird durch den mit eben diesem Strahlenbündel parallel laufenden Sehstrahl bestimmt; oder: der Punkt, in welchem die Bild- oder Projektionsebene von dem mit fraglichem Strahlenbündel parallel laufenden Sehstrahle getroffen wird, ist der gesuchte Fluchtpunkt.

Hieraus ergiebt sich direkt, daß der Fluchtpunkt eines mit der Bildebene parallel laufenden Strahlenbündels in der Unendlichkeit liegt, insofern der zugehörige parallele Sehstrahl (weil ebenfalls parallel zur Bildebene) diese nie treffen kann. Praktisch heißt dies: Die Projektionen derjenigen Strahlenbündel, welche mit der Bildebene parallel laufen, sind selbst parallel. Daher haben z. B. die zum Horizont vertikalen Geraden, die sogenannten Höhen nie einen Fluchtpunkt — die vertikale Lage der Projektionstafel natürlich vorausgesetzt. Ebenso ist es klar, daß die Fluchtpunkte aller horizontalen (d. i. mit dem Horizonte parallel laufenden) Strahlenbündel im Horizonte liegen und die in der Richtung ihrer Flucht ansteigenden Strahlenbündel ihre Fluchtpunkte über, die sinkenden unter dem Horizonte des Bildes haben.

Die horizontal verlaufenden Strahlenbündel sind indessen die weitaus häufigsten und charakterisieren in Verbindung mit dem Rechtwinkel-System fast alle Schöpfungen menschlicher Kultur. Daher bildet dieses horizontale, rechtwinklige Strahlensystem die Grundlage aller Abhandlungen über Perspektive.

Trotzdem nun eine eingehende Besprechung der unter verschiedenen Namen auftretenden, im Horizonte

gelegenen Fluchtpunkte sicherlich über den Rahmen der hier beabsichtigten Untersuchungen hinausfällt, so ist doch in Rücksicht auf manches für unsere Zwecke interessante Resultat eine kurze Abhandlung über sämtliche Fluchtpunkte nicht ohne Berechtigung.

Sind nun die nachfolgenden Figuren Horizontalprojektionen — d. h. von oben gesehen — und ist

BL stets das lebensgroße, im Gelände aufgestellte Bild,
HO die Projektion des Horizontes auf die als unendlich erweitert gedachte Bildebene BL,
a das Auge,
A der Augenpunkt,
aA = d die Distanz, und sind

die Strahlenbündel, um deren Projektion es sich handelt, (ebenfalls im Grundrisse) rückwärts von BL dargestellt, so können wir das wichtigste über die Funktionen und Beziehungen der einzelnen Fluchtpunkte zusammenfassen, wie folgt:

### 1. Der Augenpunkt A.

Der Augenpunkt A (Fig. 25) ist der Fußpunkt der vom Auge a auf die Bildebene BL gefällten Senkrechten aA. Als Durchgangspunkt der Sehaxe aA durch die Bildebene BL ist er der Mittelpunkt des projizierten Sehkegels. Aber deswegen braucht er (was so vielfach irrig behauptet wird) durchaus nicht Fluchtpunkt zu sein. Ist er dies aber dennoch, d. h. wird er als solcher angenommen, so ist er der Fluchtpunkt des auf BL senkrecht stehenden Strahlenbündels $S_1$. Wird der Strahlenbündel $S_1$ mit einem anderen Strahlenbündel $S_2$ zu

einem rechtwinkeligen System verbunden, so läuft $S_2$, mithin auch der Sehstrahl $aF_2$, parallel mit BL. D. h. der Fluchtpunkt $F_2$ liegt in der Unendlichkeit, oder der Strahlenbündel $S_2$ projiziert sich parallel. Diese Lage des rechtwinkeligen Objektes zur Bildfläche wird als gerade Ansicht bezeichnet.

### 2. Die Distanzpunkte $D_1$ $D_2$.

Trägt man in Fig. 26 die Distanz d auf dem Horizonte HO, von A ausgehend, nach rechts und links ab, so erhält man die Distanzpunkte $D_1$, $D_2$. Verbindet man $D_1$ und $D_2$ mit a, so entsteht bei a ein rechter Winkel. Würde nun $D_1$ z. B. Fluchtpunkt $F_1$ eines Strahlenbündels $S_1$ sein, so würde der zweite Strahlenbündel $S_2$ eines rechtwinkeligen Systems seinen Fluchtpunkt $F_2$ in $D_2$ haben müssen. Der Fluchtpunkt der Diagonale mo des Quadrates mnop läge dann in A und der Fluchtpunkt der Diagonale np in der Unendlichkeit. Diese Lage eines rechtwinkeligen Objektes zur Bildfläche heißt man die Übereck-Ansicht.

### 3. Die Fluchtpunkte $F_1$ $F_2$.

Mit $F_1$, $F_2$ bezeichnet man (siehe Fig. 27) die Fluchtpunkte derjenigen Strahlenbündel $S_1$, $S_2$, welche die äußere Form eines rechtwinkeligen Objektes umschließen. Der sonst umfassende Name „Fluchtpunkt" (hier natürlich im engeren Sinne zu verstehen) spricht für die hervorragende Bedeutung, welche $F_1$ und $F_2$ in der Reihe der Verschwindungspunkte einnehmen.

Setzen wir die Strecke $F_1A = a$ und die Strecke

$F_2A = b$, so ist die Distanz d bekanntlich das geometrische Mittel zwischen a und b.

D. h. $d^2 = a \cdot b$ (Hauptgleichung.)

oder $a = \frac{d^2}{b}$

ebenso $b = \frac{d^2}{a}$

und $d = \sqrt{a \cdot b}$

Auf grund dieser Gleichung lassen sich Distanz und Fluchtpunkte in ihren gegenseitigen Beziehungen viel leichter, rascher und sicherer feststellen, als dies durch Konstruktion erreicht werden kann.

Wäre z. B. d = 2 m und a = 80 cm groß angenommen, so wäre

$$b = \frac{200^2}{80} = \frac{40000}{80} = 500 \text{ cm}$$

Sollte dagegen die Größe von d aus den Daten a = 2 m und b = 18 m berechnet werden, so hätte man für

$$d = \sqrt{2 \cdot 18} = \sqrt{36} = 6 \text{ m}$$

Sind die Faktoren a und b einander gleich, so ist:

$$d^2 = a \cdot a = b \cdot b = d \cdot d$$

D. h. wenn der eine Fluchtpunkt mit dem einen Distanzpunkte zusammenfällt, liegt der andere zugehörige Fluchtpunkt auf dem anderen Distanzpunkte.*) In diesem Falle hat die Entfernung beider Fluchtpunkte ihr Minimum erreicht.

*) Vgl. Absatz 2 dieses Abschnittes.

Ist der eine Faktor, etwa a = 0, so ist

$$b = \frac{d^2}{0} = \infty$$

D. h. wenn sich der eine Fluchtpunkt mit dem Augenpunkte deckt, so liegt der andere Fluchtpunkt in der Unendlichkeit.*) Die gegenseitige Entfernung beider Fluchtpunkte erreicht in diesem Falle ihr Maximum.

Betrachten wir ferner in der Hauptgleichung $d^2 = a \cdot b$ den einen Faktor, etwa a, als ein beliebiges Vielfache von d und setzen dementsprechend

$$a = d \cdot n$$

$$\text{so ist } b = \frac{d^2}{dn} = \frac{d}{n}$$

$$\text{mithin } d^2 = dn \cdot \frac{d}{n}$$

D. h. das Produkt $a \cdot b$ kann ersetzt werden durch das Produkt reziproker Werte von d.

Wäre z. B. $a = 15\ d$, so wäre $b = \frac{1}{15}\ d$

und wäre $a = \frac{7}{11}\ d$, so müßte $b = \frac{11}{7}\ d$ sein.

Hieraus erklären sich unmittelbar folgende Beispiele:

$$\mathbf{d^2 = a \cdot b} = dd = \frac{1}{1}\ d \cdot d = \mathbf{1d \cdot \frac{d}{1}}$$

$$= \frac{2}{2}\ d \cdot d = \mathbf{2d \cdot \frac{d}{2}}$$

$$= \frac{3}{3}\ d \cdot d = \mathbf{3d \cdot \frac{d}{3}}$$

*) Vgl. Absatz 1 dieses Abschnittes.

$$
\begin{aligned}
d^2 = a \cdot b = dd &= \frac{4}{4}\, d \cdot d = \mathbf{4d} \cdot \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{4}} \\
&= \frac{5}{5}\, d \cdot d = \mathbf{5d} \cdot \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{5}} \\
&\quad \vdots \\
&= \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{2}\, d \cdot d = \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}}\,\mathbf{d} \cdot \frac{\mathbf{3}}{\mathbf{2}}\,\mathbf{d} \\
&= \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{3}\, d \cdot d = \frac{\mathbf{3}}{\mathbf{4}}\,\mathbf{d} \cdot \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{3}}\,\mathbf{d} \\
&= \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{4}\, d \cdot d = \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{5}}\,\mathbf{d} \cdot \frac{\mathbf{5}}{\mathbf{4}}\,\mathbf{d} \\
&= \frac{19}{53} \cdot \frac{53}{19}\, d \cdot d = \frac{\mathbf{19}}{\mathbf{53}}\,\mathbf{d} \cdot \frac{\mathbf{53}}{\mathbf{19}}\,\mathbf{d} \\
&\quad \vdots \qquad \text{u. s. f.}
\end{aligned}
$$

Diese Darstellung der Hauptgleichung ermöglicht einerseits einen klaren Überblick über die Beziehungen zwischen a und b; andererseits zeigt sie, daß in jedem bestimmten Falle der gegenseitigen Lage von Objekt und Bildebene auch die Werte von a und b einzig und allein von der Größe der Distanz abhängig sind.

### 4. Die Diagonalpunkte $Dg_1$ $Dg_2$.

Diagonalpunkte $Dg_1$, $Dg_2$ (Fig. 28) nennt man die Fluchtpunkte der Strahlenbündel $S_1$ und $S_2$, welche durch eine Anzahl unter sich paralleler Diagonalen gebildet werden. Ist mnop ein Quadrat, so stehen die Strahlenbündel $S_1$ und $S_2$ senkrecht aufeinander und unter einer Neigung von 45° zu den Seiten des Quadrates. Deswegen liegen auch die Diagonalpunkte $Dg_1$

und $Dg_2$ unter einem rechten Winkel zum Auge und unter 45° zu den Fluchtpunkten $F_1$ und $F_2$.

5. Der beliebige oder unbestimmte Teilpunkt $T_x$.

Um auf einer verkürzten Geraden g (s. Fig. 29) eine beliebige gleiche oder proportionale Teilung einzutragen, teilt man eine unverkürzte, d. h. zur Bildebene BL parallel gelagerte Gerade r in der beabsichtigten Weise und legt durch die teilenden Punkte in beliebiger Richtung einen Strahlenbündel $S_x$, welcher dann g sowie überhaupt alle Geraden, die er schneidet, in genau demselben Verhältnisse teilt, in welchem r geteilt wurde. Den zu diesem Strahlenbündel $S_x$ gehörigen Fluchtpunkt $T_x$ nennt man den beliebigen oder auch den unbestimmten Teilpunkt. Beliebig wird er deswegen genannt, weil die auf g erfolgte Teilung auch mit Hilfe eines beliebigen anderen Fluchtpunktes $T_x$ hätte erzielt werden können, und unbestimmt heißt er deswegen, weil über die Maße der mittels $T_x$ erzielten Teilung nichts Bestimmtes ausgesagt werden kann.

6. Die bestimmten Teilpunkte $T_1$ $T_2$.

Soll (in Fig. 30) das auf der unverkürzten Geraden r eingetragene Verhältnis der Teilung unter Beibehaltung der wahren Maße auf die verkürzte Gerade g übertragen werden, so lege man durch einen Punkt s der Geraden g die zu r parallele Gerade $r_1$ und trage von s aus auf g und $r_1$ die gleichen Stücke $sp = sp_1$ ab. Legt man nun durch die Punkte p und $p_1$ eine Gerade, und parallel zu dieser den Strahlen=

bündel S, so werden durch diesen Strahlenbündel auf r und g stets gleiche Stücke abgeschnitten; d. h. es ist

$$m = m_1 = m_2$$
$$n = n_1 = n_2$$
$$o = o_1 = o_2 \quad \text{u. s. f.}$$

Ist nun F der Fluchtpunkt der verkürzten Geraden g und die Strecke FT = Fa genommen, so ist T der Fluchtpunkt des Strahlenbündels S.

Denn da $aF \# g$

$FT \# r_1$

mithin $\sphericalangle aFT = \sphericalangle psp_1$

so sind die gleichschenkeligen Dreiecke aFT und $psp_1$ einander ähnlich und überdies parallel gelagert, daher ist

$$pp_1 \# aT$$

d. h. T ist der zu dem Strahlenbündel S gehörige Fluchtpunkt, oder wie er genannt wird, der bestimmte Teilpunkt. Den bestimmten Teilpunkt findet man also dadurch, daß man Fa von F aus auf dem Horizonte abträgt. Dieses Abtragen von F aus kann allerdings nach rechts oder nach links erfolgen, aber man wird kluger Weise doch wohl den zwischen den beiden Distanzpunken $D_1$ und $D_2$ weit bequemer gelegenen Teilpunkt benützen. Bestimmt heißt dieser Teilpunkt deswegen, weil die Maße der mittels T erzielten Teilung bekannt und daher bestimmt sind. Es ist selbstverständlich, daß nicht nur die verkürzte Gerade g, sondern der ganze mit g parallel laufende, in F verschwindende Strahlenbündel von dem nach T verlaufenden Strahlenbündel in der besprochenen Weise geschnitten wird, und daß zu jedem einzelnen Strahlenbündel je ein bestimmter Teilpunkt gehört.

Bezeichnen wir daher (s. Fig. 51) in einem rechtwinkeligen Systeme den zu $F_1$ gehörigen bestimmten Teilpunkt mit $T_1$ und den zu $F_2$ gehörigen mit $T_2$, so ergiebt sich folgendes:

1) Fluchtpunkt und zugehöriger bestimmter Teilpunkt liegen stets in entgegengesetzter Richtung zum Augenpunkte.

2) Die beiden bestimmten Teilpunkte liegen unter einem Winkel von 45° zum Auge und nie außerhalb der beiden Distanzpunkte.*)

Zum Schlusse sollen noch die in diesem Abschnitte entwickelten Sätze auf die beiden Spezialfälle der geraden und Übereck-Ansicht**) bezogen werden.

Bei der

geraden Ansicht

ist der Augenpunkt A gleichzeitig Fluchtpunkt $F_1$ und Teilpunkt $T_2$. Der zweite Fluchtpunkt $F_2$ liegt in der Unendlichkeit. Die Distanzpunkte $D_1$, $D_2$ sind gleichzeitig die Diagonalpunkte $Dg_1$, $Dg_2$, während als Teilpunkt $T_1$ sowohl $D_1$, als auch $D_2$ benützt werden kann.

Bei der

Übereck-Ansicht

sind die Distanzpunkte $D_1$, $D_2$ gleichzeitig die Flucht-

---

*) Ist der Winkel, den die beiden Strahlenbündel mit einander bilden, nicht R, sondern allgemein w, so liegen die bestimmten Teilpunkte unter einem Winkel $= \frac{2R - w}{2}$ zum Auge. Aber auch in diesem Falle können die zugehörigen Teilpunkte nie über die beiden Distanzpunkte $D_1$, $D_2$ hinausfallen.

**) Vgl. Absatz 1 u. 2 dieses Abschnittes.

punkte $F_1$ und $F_2$. Der Augenpunkt A ist der Diagonalpunkt $Dg_1$, während der andere Diagonalpunkt $Dg_2$ in der Unendlichkeit liegt. Die Teilpunkte $T_1$ und $T_2$ werden in der bekannten Weise ermittelt und liegen in gleichen Abständen links und rechts vom Augenpunkte A.

### s) Die Verlegung des Augenpunktes.

Die Entwickelungsgeschichte der Perspektive beginnt mit der geraden Ansicht. Um jedoch die eintönige Symmetrie, welche die gerade Ansicht mit sich bringt, zu vermeiden, wurde der als Fluchtpunkt auftretende Augenpunkt alsbald nach links oder rechts verdrängt, ohne daß man an der parallelen Projektion des zugehörigen Strahlenbündels etwas geändert hätte. Diese Thatsache hatte indessen in jener Entwickelungsperiode der Perspektive ihren Grund lediglich in dem Unvermögen, Fluchtlinien mit unzugänglichem Verschwindungspunkte zu konstruieren. Aber wegen der außerordentlichen Bequemlichkeiten, welche sie gewährt, hat sich diese Verlegung des Augenpunktes bis auf unsere Tage erhalten und ist unglücklicherweise auch noch die häufigste aller perspektivischen Auffassungen geworden. Trotzdem besteht für diese sozusagen piktorische Lizenz höchstens eine spitzfindige, philosophische, nie aber eine einfache, natürliche oder mathematische Erklärung.

Ist z. B. in Fig. 32 der Augenpunkt A nach $A_1$ verlegt, so ist auch das Auge oder der Standpunkt vor dem Bilde von a nach $a_1$ verlegt. Diesen Standpunkt $a_1$ muß der Beschauer notwendigerweise einnehmen, wenn anders er einen richtigen, natürlichen Eindruck der auf

BL projizierten Objekte R, $R_1$ 2c. erhalten will. Diese Anforderung an den Beschauer, sich seitwärts zu stellen und das Bild schräg zu betrachten, ist ebenso unnatürlich wie die Thatsache, daß der Sehkegel $Sa_1 S_1$ durch die Projektionsebene BL schräg geschnitten ist, und ebenso gesucht wie die Erklärung, daß bloß ein Teil des an und für sich senkrecht geschnittenen Sehkegels $Sa_1$ $S_2$ auf BL projiziert sei.

Es giebt also nur einen Augenpunkt und dieser ist der Mittelpunkt des Bildhorizontes, der Durchgangspunkt der Sehaxe. Eine Verlegung desselben ist unstatthaft, weil unnatürlich. Der Augenpunkt ist ferner niemals Fluchtpunkt, wohl aber kann sich ein Fluchtpunkt mit ihm decken. Liegt ein Fluchtpunkt $F_1$, wenn auch nur ein Minimum abseits vom Augenpunkt, so taucht bereits ein zweiter Fluchtpunkt $F_2$ in der entgegengesetzten Richtung auf dem Horizonte auf. Die Entfernungen dieser Fluchtpunkte vom Augenpunkte lassen sich mit Hilfe der im vorigen Abschnitte entwickelten Gesetze direkt feststellen.

### t) Was versteht man unter Entfernung und wann müssen gleich große Objekte trotz absolut verschiedener Entfernung dennoch gleich groß dargestellt werden?

Denken wir uns in Fig. 33 auf der als Ebene angenommenen Erdoberfläche ER die rechteckig-begrenzte Ebene EMNR senkrecht errichtet und von einer Anzahl vertikaler unter sich gleich weit entfernter Geraden h, $h_1 \ldots h_4$ durchzogen; bestimmen wir ferner die Lage des Auges gegenüber dem auf h gelegenen Punkte A, so erklärt sich unmittelbar folgendes:

Es ist zwar unbestritten, daß die Gerade h dem Auge näher liegt und infolge dessen größer erscheint als jede andere links oder rechts von h gelegene Senkrechte, und daß aus dem gleichen Grunde $h_1 > h_2 > h_3 > h_4 \ldots$ erscheinen muß; allein es hieße das Wesen der Bildentstehung vollkommen verkennen, wollte man diese Unterschiede der scheinbaren Größen auch thatsächlich zur Darstellung bringen.

Stellen wir nämlich zwischen das Auge und das Rechteck EMNR parallel zum letzteren eine Projektionstafel und verbinden die einzelnen Punkte des Rechteckes mit dem Auge, so entsteht eine Pyramide, welche von der Projektionstafel parallel geschnitten wird. Dieser parallele Pyramidenschnitt weist genau dieselben Verhältnisse auf wie das Rechteck EMNR, und mithin sind die auf der Projektionstafel erfolgten Projektionen der unter sich gleichen Senkrechten $h, h_1, \ldots h_4$ einander ebenfalls gleich. D. h. alle gleich großen Objekte, welche in einer gemeinschaftlichen zur Projektionsebene parallel gelagerten Ebene liegen, müssen gleich groß dargestellt werden. Die Entfernung einer solchen zur Projektionstafel parallelen Ebene, welche an der Sehaxe gemessen wird, gilt demnach gleichzeitig als Entfernung aller in dieser Ebene gelegenen Objekte, oder kurz gesagt: Die Entfernungen der Objekte sind nur an der Sehaxe zu messen.

# Praktischer Teil.

## I. Beschreibung des Apparates.

### a) Zweck und Leistungen des Apparates.

Der Perspektograph ist ein Zeichen-Apparat und bezweckt, wie der Name sagt, eine direkte mechanische Übertragung der Perspektive.

Es ist aber der Begriff „Perspektive“ im Sinne des Künstlers ein unendlich ausgedehnter und erstreckt sich schließlich auf alle Körper der sichtbaren Welt. Dieser Auffassung entspricht der Apparat vollkommen, insoweit es sich um die Wiedergabe unbeweglicher bezw. in Ruhe verharrender Körper handelt. Er empfiehlt sich demnach in gleicher Weise zum Zeichnen von Landschaften, Architekturen, Stillleben, Studien, Porträts &c. Die Übertragung kann mit jedem beliebigem Materiale, also Blei, Rötel, Kohle, Kreide, Pastell &c. auf jede Art von Bildfläche, also Papier, Leinwand, Holz, Pappe &c. und bei allen Lichtverhältnissen erfolgen.

Behufs direkter Wiedergabe der Natur ist der Apparat einstellbar auf alle Formate, die mit der zeichnenden Hand beherrscht werden können. Beabsichtigt man dem Bilde eine Größe zu geben, die über diese natürlichen Grenzen hinausfällt, so gelangt man indirekt dadurch zum Ziele, daß man erst eine kleinere Zeichnung anfertigt und diese dann durch ein weiteres Verfahren beliebig vergrößert. Dieses Vergrößerungsverfahren ist unbeschränkt und zur Erzielung aller, selbst der umfangreichsten Bildformate geeignet. Der Apparat vergrößert aber nicht bloß vorhandene Bilder, Zeichnungen, Stiche, Photographien ꝛc., sondern er verkleinert sie auch genau nach Wunsch oder reproduziert sie gleich groß; ja es ist sogar möglich, Originale, die in perspektivischer Verkürzung erscheinen, in ihren wahren Verhältnissen wiederzugeben.

## b) Entwickelung und Begründung des Apparates.

Will man von einem Originale, etwa der figürlichen Darstellung II in Fig. 34 eine zuverlässige kleinere oder größere Kopie erhalten, so verfährt man im Sinne der mathematischen Ähnlichkeitsgesetze folgendermaßen:

Man wählt außerhalb des Originales (oder auch innerhalb desselben, was hier jedoch unpraktisch wäre) einen ganz beliebigen Punkt O und legt von diesem Punkte O aus durch alle wichtigeren Punkte des Originales gerade Linien. Soll nun die gewünschte Kopie genau halb so groß werden als das Original **II**, so teilt man die Strecken $Oa_2$, $Ob_2$, $Oc_2$ . . ꝛc. genau in

der Mitte und findet so unmittelbar die fraglichen Punkte $a_1$, $b_1$, $c_1$ . . . ꝛc. der Kopie **I**, und indem man so fortfährt, d. h. indem man die von O aus nach den jeweiligen Punkten des Originales **II** gezogenen Geraden stets in der Mitte teilt, erhält man alle Punkte der gewünschten Kopie **I.**

Trägt man auf den einzelnen von O ausgehenden Geraden nicht die halbe, sondern die doppelte Entfernung der Originalpunkte $a_2$, $b_2$, $c_2$ . . . ꝛc. ab, oder was dasselbe ist, macht man $Oa_4$, $Ob_4$, $Oc_4$ . . . ꝛc. zweimal so groß als $Oa_2$, $Ob_2$, $Oc_2$ . . . ꝛc., so ergiebt sich die Kopie **IV**, welche doppelt so groß ist als das Original **II.**

Macht man dagegen $Oa_3$, $Ob_3$, $Oc_3$ . . . ꝛc. einundeinhalbmal so groß als $Oa_2$, $Ob_2$, $Oc_2$ . . . ꝛc., so erhält man die Kopie **III**, die einundeinhalbmal so groß ist als das Original **II.**

Den Punkt O nennt man in der Mathematik den **Ähnlichkeitspunkt**, die von O ausgehenden Strahlen heißen dementsprechend **Ähnlichkeitsstrahlen.**

Überblickt man das Ganze und bringt die vier figürlichen Darstellungen ohne Rücksicht auf Original und Kopie unter sich in Beziehung, so ergiebt sich: Jeder Ähnlichkeitsstrahl wird durch die bezüglichen Punkte der vier ähnlichen Figuren **I, II, III, IV** in genau vier gleiche Teile geteilt:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **II** ist demnach | 2 | mal so weit von O entfernt, aber auch | 2 mal so groß als | **I.** |
| **III** . . . . . | 3 | . . . . . . . . | 3 . . . . . . . | **I.** |
| **IV** . . . . . | 4 | . . . . . . . . | 4 . . . . . . . | **I.** |

Wäre also eine Figur zwanzigmal so weit von O entfernt als eine andere, so wäre sie auch zwanzigmal so groß als diese andere — und umgekehrt: Wäre eine Figur zwanzigmal so groß als eine andere, so müßte sie auch zwanzigmal so weit von O entfernt liegen als eben diese andere.

Auf diesen hier erörterten Beziehungen beruht der Perspektograph. Das Wesentliche desselben ist geradezu nichts anderes als die mechanische Darstellung dieses mathematischen Grundsatzes.

## Erstes praktischer Beispiel.

Um dies an einem Beispiele zu erklären, stellen wir uns die Aufgabe, von einem Originale A (siehe Fig. 35) eine Kopie B herzustellen, die genau zweimal so groß ist als das Original A. Wir nehmen aus dem Etui einen Stift, einen Gummifaden*) und die Zwingscheibe Z (siehe Fig. 36). Nun lösen wir von der Zwingscheibe Z die Zwingschraube z und nehmen die Zwingplatte y ab**). Durch das vordere Loch dieser Zwingplatte fädeln wir von unten her den Gummifaden, indem wir darauf achten, daß eine Perle p auf dem längeren Teile desselben zurückbleibt. Dann bringen

---

*) Am besten benutzt man Stift und Gummifaden Nr. 1; die Länge des letzteren soll 25 bis 30 cm betragen.

**) Das unter der Zwingplatte liegende Polster dient als Unterlage bei der Befestigung des Präzisionszeichners — kann aber auch dann verwendet werden, wenn der Gummifaden bei Benutzung der einfachen Zwingscheibe auf der Zeichnungsebene aufstreifen würde.

wir die Zwingplatte y in ihre alte Lage auf die Zwingscheibe Z zurück und ziehen die Zwingschraube z entsprechend an. Ist dies alles richtig geschehen, so muß der Gummifaden zwischen Zwingscheibe und Zwingplatte am Punkte O gefaßt sein. Die Spannung der Zwingschraube soll so sein, daß ein Durchschlüpfen des Gummifadens, selbst bei der größten Ausdehnung desselben ausgeschlossen ist. — Jetzt befestigen wir das entgegengesetzte Ende des Gummifadens am Stifte. Zu diesem Zwecke schieben wir den Ring r, welcher auf der unteren drehbaren Hälfte des Stiftes sitzt, zurück. Dadurch erhebt sich die sonst niedergehaltene Feder f und ermöglicht es, den Gummifaden von innen her durch das Loch l zu führen. Sollte dieses Einfädeln, etwa wegen der Dicke des verwendeten Gummifadens, Schwierigkeiten verursachen, so holt man denselben mittels einer Fadenschleife durch das Loch l, wie dies in Fig. 37 veranschaulicht ist. Um nun den Gummifaden festzuklemmen, schieben wir den Ring r wieder nach abwärts, indem wir darauf sehen, daß der Gummifaden am unteren Rande der Feder f und womöglich in der Mitte desselben beim Punkte c gefaßt wird. Am bequemsten erreicht man dies dadurch, daß man den Stift beim Schließen der Feder in der Richtung des Gummifadens hält, wie es in Fig. 38 angedeutet ist. Jetzt handelt es sich nur mehr darum, mittels der Perle p den Mittelpunkt zwischen Zwingscheibe und Zeichenstift zu bestimmen. Um uns dies so leicht als möglich zu machen, befestigen wir (siehe Fig. 39) die Zwingscheibe Z mittels Reißnägeln etwa auf einem Zeichentische. Dann nehmen wir aus

dem Etui den Stifthalter S und schrauben ihn gegenüber der Zwingscheibe in einer Entfernung, die mindestens der vierfachen natürlichen Länge des Gummifadens gleichkommt, am Tische fest. In diesen Stifthalter S bringen wir den Stift so, daß die Spitze des Zeichenstiftes auf der Platte des Stifthalters aufsteht. An dieser Stelle ist zu bemerken, daß die Spitze des Zeichenstiftes, dessen Führung sich zwischen dem Schafte und der drehbaren Hülse des Stiftes bei t befindet, stets möglichst kurz, nie aber länger sein soll als 4 Millimeter. Nun teilen wir die Entfernung des Klemmpunktes O von der Spitze P des Zeichenstiftes genau in der Mitte und machen bei m auf der Tischplatte ein Zeichen. Dann schieben wir die Perle p behutsam nach rechts oder links, bis sie genau über diesem Zeichen m steht. Will das nicht scharf genug gelingen, so öffnen wir links oder rechts, an Zwingscheibe oder Stift, die Spannung und bewirken die feinere Einstellung der Perle dadurch, daß wir den Gummifaden an seinem freien Ende fassen und ihn langsam anziehen oder nachlassen. Ist die Spannung geschlossen, so nehmen wir den Stift aus dem Stifthalter S und beginnen den zweiten Teil der Einstellung.

Zunächst bringen wir, wenn dies noch nicht der Fall sein sollte, die Zwingscheibe in eine für die beabsichtigte Zeichnung bequeme Lage an der linken Seite des Zeichentisches (Fig. 35) und befestigen sie mit Reißnägeln so, daß der Klemmpunkt O rechts liegt. Dann nehmen wir das Original A zur Hand und heften es so weit rechts von O auf den Tisch, daß es einer mäßigen Anspannung des durch den Zeichenstift geführten Gummi-

fadens bedarf, bis die Perle den linken Rand km des Originales A erreicht. Machen wir nun, während die Perle p der Reihe nach über den Eckpunkten k, l, m, n des Originales schwebt, jedesmal einen Punkt mit dem Stifte, so haben wir unmittelbar die vier Eckpunkte K, L, M, N der Kopie B. Auf diese vier Eckpunkte bringen wir die Ecken des für die Kopie bestimmten Papier- oder Leinwandformates. Sollte hiebei das Orginal A teilweise verdeckt werden, so braucht man bloß die Zwingscheibe etwas weiter von dem Originale oder, was dasselbe ist, das Original etwas weiter von der Zwingscheibe zu entfernen; wäre aber das Gegenteil der Fall, nämlich daß Original und Kopie zu weit auseinander zu liegen kämen, so brauchte man nur Zwingscheibe und Original näher aneinander zu rücken und die vier Eckpunkte der Kopie wieder zu ermitteln. Es ist indessen vollkommen gleichgültig, ob dies geschieht oder nicht. Die Richtigkeit der Zeichnung wird dadurch niemals beeinflußt, wohl aber läßt sich manchmal eine bequemere und handlichere Lage der Zeichnungsfläche erzielen. Ist nun endlich alles in Ordnung, liegen auch Original und Kopie glatt auf dem Tische, daß der Gummifaden nicht aufstreift, so können wir das Zeichnen beginnen:

Wir nehmen den Stift ziemlich steil, aber bequem in die Hand und schauen, indem wir den Kopf ruhig halten, wenn möglich nur mit einem Auge, auf die Perle. Während wir dann den Stift so führen, daß die Perle über die Umrisse des Orginales hinläuft, erzeugt die Spitze des Zeichenstiftes ein absolut ähnliches Bild der Bewegungen, welche die Perle auf dem Orginale

beschreibt. Auf diese Weise erhalten wir (vgl. Fig. 35) die Kopie B, die in allen ihren Ausdehnungen doppelt so groß ist als das Original A.

Erinnert man sich wieder an das, was im Anschlusse an Fig. 34 gesagt wurde, so ist unschwer folgendes zu erkennen: Der Punkt O, an dem der Gummifaden befestigt ist, beziehungsweise an dem er zwischen Zwingscheibe und Zwingplatte hervortritt, ist nichts anderes als der Ähnlichkeitspunkt O. Der Gummifaden ist die mechanische Darstellung des Ähnlichkeitsstrahles oder besser gesagt aller Ähnlichkeitsstrahlen, insofern er alle der Reihe nach vertritt. Perle und Stift dagegen erzeugen jenes auf allen Strahlen gleichmäßig vorhandene Teilungsverhältnis. So teilt in unserem Falle (Fig. 35) die Perle den Ähnlichkeitsstrahl stets in der Mitte oder, was dasselbe ist, die Spitze des Zeichenstiftes ist stets zweimal so weit vom Ähnlichkeitspunkte entfernt als die Perle, und hieraus ergiebt sich, daß die Kopie zweimal so groß ist als das Original. Wäre die Spitze des Zeichenstiftes dreimal so weit vom Ähnlichkeitspunkte entfernt, als die Perle, so würde die Kopie dreimal so groß werden als das Original, und wäre sie 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10mal so weit vom Ähnlichkeitspunkte entfernt als die Perle, so würden wir je eine Kopie erhalten, die beziehungsweise 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10mal so groß wäre als das Original u. s. w.

So viel über das Prinzip, auf dem der Perspektograph beruht. Es ist zwar nicht anzunehmen, daß der erste Versuch übergroßen Hoffnungen und Wünschen ent-

sprechen werde; wohl aber wird der Fachmann schon jetzt den entschiedenen Vorzug dieses unendlich einfachen Verfahrens erkannt haben. Denn trotz der seitenlangen Auseinandersetzungen über das rein Mechanische des Vorgehens kann das Wesen der Einstellung und Übertragung, hauptsächlich in Hinsicht auf jene rasche und leichte Ermittelung der beabsichtigten Größe der Kopie, doch nur ein höchst einfaches genannt werden. Es ist auch nicht zu befürchten, daß sich später bei Einstellung auf bestimmte Fälle größere Schwierigkeiten ergeben werden. Nein — das Verfahren bleibt ebenso einfach!

Jetzt aber wird es sich für Jedermann empfehlen, eine Reihe von Übungen in schwächeren und stärkeren Vergrößerungen zu machen und damit fortzufahren, bis sich ein Gefühl einstellt, wie wenn man mit der Perle, nicht mit dem Stifte zeichnen würde. Zur Einstellung auf diese praktischen Übungsbeispiele genügt es ja, die Perle nach Belieben etwas gegen die Zwingscheibe, wenn die Kopie größer, oder gegen den Stift, wenn die Kopie kleiner werden soll, zu verschieben. Mit jeder folgenden Übung beherrscht man die Perle leichter und sicherer, und bald wird man einer Linie auch nicht mehr mechanisch, sondern mit Empfindung folgen, ja man wird sogar beim Übertragen mit Leichtigkeit etwaige Fehler des Originales korrigieren können. Ist man so weit vorgeschritten, so mag man versuchen, nicht die ganze Perle, sondern einen bestimmten Punkt derselben — am besten die links gelegene Ecke (e in Fig. 39), welche durch Perle und Gummifaden gebildet wird, als Führungspunkt zu betrachten. Diese Vorübungen bilden die Grund-

lage einer ersprießlichen Benutzung des Apparates, und erst wenn man in dieser Hinsicht einen gewissen Grad von Fertigkeit erreicht hat — und das kann schon nach wenigen Stunden der Fall sein — sollte man an die Lösung der in den nachfolgenden Abschnitten besprochenen praktischen Aufgaben herantreten. Denn was nützt eine absolute durch den Diopter erzielte Feststellung des Auges, um die durch die Schwankungen desselben herbeigeführten kleinen Abweichungen zu vermeiden? was nützt ein Präzisionszeichner, der jenen minimalen Fehler ausgleicht, welcher dadurch entsteht, daß der Gummifaden nicht in der Seelenaxe des Stiftes befestigt ist? was nützt ein Führungspunkt, der eventuell nur $^1/_{625}$ Quadratmillimeter groß ist? was nützen alle sonstigen Feinheiten, wenn die Hand noch nicht die Übung besitzt, die Perle mit Sicherheit und Empfindung zu führen?!

## c) Feststellung des Naturbildes.

Zur Veranschaulichung der Bildentstehung beziehungsweise zur Feststellung eines Naturbildes bediente man sich von jeher einer Glastafel und eines vor derselben gelegenen, festen Punktes, durch welchen das Auge bestimmt wurde. So ist z. B. die Dürersche Tafel nichts anderes als die Verkörperung dieser Grundidee mittels Glastafel und Diopter. Bei unserem Apparate wird die Glastafel durch eine gedachte Ebene ersetzt, und nur die Umgrenzung dieser Ebene durch einen rechteckigen Rahmen — das Rechteck R in Fig. 40 — dargestellt, während der feste Punkt — das Auge — in der üblichen Weise durch einen Diopter A bestimmt wird.

Die Feststellung des Naturbildes erfolgt also durch den Diopter A und das Rechteck R des Apparates. Selbstverständlich müssen beide, ebenso wie die Natur, in absoluter Ruhe verharren, wenn anders das Naturbild stets das gleiche bleiben soll. Ist dies der Fall, so zeigt sich die Natur, durch den Diopter betrachtet, als ein feststehendes, unveränderliches, vom Rechtecke R umrahmtes Bild, welches nach dem im vorigen Abschnitte besprochenen Verfahren unmittelbar auf die Zeichnungsebene übertragen werden kann.

### d) Die wesentlichen Bestandteile des Apparates.

Die wesentlichen Bestandteile des Apparates, durch welche teilweise die Feststellung des Naturbildes, teilweise die Übertragung desselben auf die Leinwand bezweckt wird, sind demnach folgende (s. Fig. 40):

1. Der Diopter A, durch welchen man das Naturbild betrachtet.

2. Das Rechteck R, durch welchen das Naturbild begrenzt wird.

3. Die Zwinge Z, welche den Gummifaden am Ähnlichkeitspunkte O faßt.

4. Der Gummifaden OP — der Ähnlichkeitsstrahl.

5. Die Perle p — der Führungspunkt.

6. Der Zeichenstift P.

Mit einem Apparate, der diese 6 Teile in irgend einer festen, unveränderlichen Verbindung besäße, könnte indessen bloß ein einziges Format, und selbst dieses nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen, erzielt werden.

**e) Vervollkommnung dieser wesentlichen Bestandteile des Apparates behufs Einstellung auf beliebige Fälle.**

Um die Einstellung auf alle vorkommenden Fälle zu ermöglichen, sind die im vorigen Abschnitte genannten wesentlichen Bestandteile des Apparates mit einer Reihe geeigneter Vorrichtungen und Verbindungsteile versehen worden.

Der Überblick über die mechanischen Hauptbestandteile des Apparates gestaltet sich daher wie folgt:

1. Der Fuß F.

Die Verbindung des gesamten Apparates mit der Zeichnungsebene, dem Bildrahmen, vermittelt eine schraubstockartige Vorrichtung, der Fuß F (Fig. 41 und 40). Derselbe wird mittels zweier rückwärts befindlicher Schrauben, der Fußschrauben $f_1$, $f_2$ (Fig. 41), am Bildrahmen befestigt.

2. Die Säule C.

Als Träger aller noch folgenden Hauptteile des Apparates dient die Säule C (Fig. 42 und 40). Je nachdem es sich um ein Höhen- oder Breitenformat handelt, wird sie mit dem Säulenhaken c von rechts oder links her in die viereckige Öffnung des Fußes geschoben und mit der Verbindungsschraube U (Fig. 42 u. 41) befestigt.

3. Das Rechteck R.

Die eine Seite des Rechteckes R (Fig. 43 u. 40) wird durch die Säule C gebildet, die anderen drei Seiten werden durch zylinderische Stäbchen dargestellt, die wir als Rechteckstangen $r_1$, $r_2$, $r_3$ (Fig. 43) bezeichnen. —

An den Ecken befinden sich vier kleine Würfel — die „festen" Würfel $W_1$ und $W_2$ und die „freien" Würfel $W_1$ und $W_2$ — welche die Verbindung der Seiten des Rechteckes zum Zwecke haben. Die vorderen inneren Eckpunkte dieser Würfel sind die vier Eckpunkte jener gedachten rechteckigen Ebene klmn, welche bei unserem Apparate (vgl. Abschnitt c) bekanntlich die Stelle der sonst üblichen Glastafel vertritt. Um die Eckpunkte k, l, m, n entsprechend kenntlich zu machen, sind die Vorderansichten sämtlicher Würfel schwarz gekennzeichnet. Behufs Einstellung auf bestimmte Fälle muß das Rechteck innerhalb der natürlichen Grenzen zu allen erdenklichen Größen und Formaten verstellbar sein. Zu diesem Zwecke können die beiden Schlitten $S_1$, $S_2$ und die mit ihnen verbundenen „festen" Würfel und Stangen beliebig auf der Säule verschoben und mittels der Schlittenschrauben $s_1$, $s_2$ festgestellt werden. — Auch $r_3$ läßt sich beliebig an den Rechteckstangen $r_1$, $r_2$ verschieben und durch die hinteren und äußeren Würfelschräubchen $w_1$, $w_2$ (Fig. 44 und 43) befestigen. Soll $r_3$ abgenommen werden, so genügt es, die Würfelschräubchen zu lösen; $r_1$ und $r_2$ dagegen müssen beim Zusammenlegen des Apparates aus den festen Würfeln herausgeschraubt werden. Die beiden freien Würfel können von den Rechteckstangen $r_3$ nicht getrennt und deswegen auch nicht so leicht verloren werden.

## 4. Der Diopter A.

Der Diopter A (Fig. 45 und 40) muß in jeder beliebigen Lage und Entfernung vor dem Rechtecke R

eingestellt werden können. Es handelt sich also darum, 1) eine außerordentlich bewegliche Verbindung desselben mit den übrigen Theilen des Apparates herzustellen, und 2) es zu ermöglichen, daß jede Bewegung dieser Verbindungsteile unmittelbar in eine starre Zusammenstellung verwandelt werden kann. In welcher Weise diese Aufgabe an unserem Apparate gelöst ist, zeigt sich im Folgenden:

Der Diopter A, der je nach Bedarf mit einer kleineren oder größeren Blende b (Fig. 45) versehen wird, ist zunächst um eine erste Axe $X_1$ $X_1$ drehbar, welche sich in der Röhre des Dioptergelenkes G befindet. Die Bewegungen um diese erste Axe werden durch die Diopterschraube a festgestellt. Ferner kann das Dioptergelenk um eine zweite Axe $X_2$ $X_2$ gedreht und durch die Gelenkschraube g festgestellt werden. Als Drehung um eine dritte Axe $X_3$ $X_3$ (Fig. 45 u. 46) sind die Bewegungen des zylinderischen Distanzarmes D anzusehen, welche dieser um seine eigene Axe beschreibt. Diese Drehungen sind durch den Krahnenmuff M (Fig. 46) fixierbar. Die genannten drei Axen gestatten jede nur erdenkliche Stellung des Diopters. Die weiteren Bewegungen ermöglicht der Krahnen.

### 5. Der Krahnen K.

Am Krahnen K (Fig. 46 u. 40) wird der Distanzarm D durch die Krahnenröhre T (Fig. 46) aufgenommen. In dieser Röhre kann der Distanzarm erstens (wie bereits erwähnt) um seine eigene Axe $X_3$ $X_3$ gedreht und zweitens beliebig nach vor- oder rückwärts verschoben werden. Beide Bewegungen werden durch den Krahnen-

muff M festgestellt. — Eine weitere Drehung um eine vierte Axe $X_4$ $X_4$ gestattet die Krahnenröhre T dadurch, daß sie um ihren Befestigungspunkt, das Zentrum der Krahnenscheibe K, drehbar ist. Die Feststellung dieser Bewegung erfolgt durch die Scheibenschraube k, welche sich auf der Röhrenführung t befindet. Die Krahnenscheibe ist mit den beiden Krahnenringen $q_1$, $q_2$ verbunden, welche das auf die Säule aufgelegte Krahnenpolster Q (Fig. 43) umfassen. Dadurch bildet sich ein neues Scharniergelenk, welches eine fünfte und letzte Drehung, die Bewegung der Krahnenscheibe um die Axe $X_5$ $X_5$ (Fig. 46) gestattet. Fixierbar wird diese Bewegung mit Hilfe eines Dreieckes. Die Seiten dieses Dreieckes werden gebildet: 1) Durch den an der Krahnenscheibe befestigten Oberschenkel o, 2) durch die mit der Säule starr verbundene Leitstange L und 3) durch den Unterschenkel u, welcher eine veränderliche Verbindung beider fester Schenkel darstellt. Wird die Führungsschraube v angezogen, so schließt sich die um die Leitstange gelegte Krahnenführung V — und die Krahnenscheibe ist fest und unbeweglich. — Um also den Diopter in irgend einer Lage festzustellen, sind der Reihe nach folgende 5 Schrauben anzuziehen:

1) die Führungsschraube v, (Fig. 46).
2) die Scheibenschraube k, (Fig. 46).
3) der Krahnenmuff M, (Fig. 46).
4) die Gelenkschraube g, (Fig. 45).
5) die Diopterschraube a, (Fig. 45).

Die eben beschriebene Vorrichtung gestattet weit über die Grenzen der praktisch vorkommenden Fälle

hinaus die Feststellung des Diopters in allen nur erdenklichen Lagen.

6. Die Zwinge Z.

Die Zwinge Z (Fig. 47 u. 40) dient dem gleichen Zwecke wie die im Abschnitte b besprochene Zwingscheibe Z (Fig. 36). Sie ist daher in den wesentlichen Teilen genau so konstruiert wie jene. Um den Gummifaden zu befestigen, löst man die Zwingschraube z (Fig. 47), nimmt die Zwingplatte y ab, fädelt den Gummifaden von unten her durch das vordere Loch derselben, bringt sie wieder auf die Zwinge zurück und zieht die Zwingschraube z entsprechend an.

7. Der Zeiger I.

Behufs Einstellung auf beliebige Fälle kann die Zwinge Z an der Schiene des Zeigers I (Fig. 48, 47 u. 40) verschoben und mittels der Zeigerschraube i (Fig. 47 u. 48) festgestellt werden. Die Zeigerschiene ist mit der Zeigerführung H (Fig. 48) verbunden, deren vorderer Rand mit dem Ähnlichkeitspunkte O genau in einer Flucht $y_1$ $y_2$ liegt. Den durch diese Flucht $y_1$ $y_2$ bezeichneten Rand der Zeigerführung H nennen wir den Einstellungsrand n, weil er bei der Einstellung des Zeigers maßgebend ist. Je nachdem es sich um ein Höhen- oder Breitenformat handelt, liegt dieser Einstellungsrand rechts oder links. Die Feststellung des Zeigers erfolgt mittels der Stellschraube h.

8. Die Skala N.

Trotzdem die Skala kein selbständiger Teil des Apparates, sondern nur eine auf der Säule eingetragene Reihe von Teilstrichen ist, verdient sie dennoch unter

den mechanischen Hauptteilen des Apparates eine hervorragende Stelle. Wie der einschlägige, wissenschaftliche Abschnitt zeigt, wurde die Skala durch Berechnung bezw. durch Konstruktion einer mittels Gleichung erhaltenen Formel gefunden. Vom allgemeinsten Standpunkte aus betrachtet, ist die Skala nichts anderes als eine perspektivische Teilung oder sozusagen eine perspektivische Reihe. Sie nimmt deshalb auch genau in demselben Sinne ab, wie z. B. die gegenseitigen perspektivischen Abstände der einzelnen Bäume einer verschwindenden Allee. — Die auf der Skala eingetragenen von fünf zu fünf nummerierten Teilstriche bezeichnen die Stellen, auf welche der Einstellungsrand n (Fig. 49 u. 48) des Zeigers gebracht werden muß, wenn man diese oder jene bestimmte Bildgröße erhalten will. Beabsichtigt man z. B. eine Bildgröße*) von 40 cm, so muß sich der Einstellungsrand genau auf dem Teilstriche 40 befinden; soll die Bildgröße dagegen 73 cm betragen, so muß der Einstellungsrand auf dem Teilstriche 73 stehen.

### 9. Der Gummifaden OP.

Die natürliche Länge des Gummifadens (Fig. 40) soll stets etwas weniger betragen, als die Entfernung $OP_1$. Für alle nur erdenklichen Fälle eignet sich eine Länge von 27 cm.

### 10. 11. Der Zeichenstift P und die Perle p.

Steht der Zeichenstift auf $P_1$ (Fig. 40), so muß die Perle auf $p_1$ stehen.

Alles Nähere über das Einstellungsverfahren findet sich in den folgenden Abschnitten.

*) Vgl.: Abschnitt f. Allgem. Einstellungsregel 9.

Da einerseits eine kurze und bündige Ausdrucksweise ohne Anwendung gewisser vereinbarter Bezeichnungen unmöglich ist und andererseits ein erheblicher Zeitverlust damit verbunden wäre, eine solche zufälligerweise nicht beachtete Bezeichnung in dem vorausgegangenen Texte aufzusuchen, geben wir unter Bezugnahme auf die betreffenden Figuren im folgenden eine geordnete

## Übersicht über sämtliche Teile des Apparates.

| | | | Fig. |
|---|---|---|---|
| 1. | Der Fuß . . . . . . . . . | F | 41 |
| 2. | Die Fußschrauben . . . . . . . . | $f_1$, $f_2$ | 41 |
| 3. | Die Verbindungsschraube . . . . | U | 41, 42 |
| 4. | Die Säule . . . . . . . . . . | C | 42 |
| 5. | Der Säulenhaken . . . . . . . | c | 42 |
| 6. | Die Rechteckstangen . . . . . . . | $r_1$, $r_2$, $r_3$ | 43 |
| 7. | Die Würfel, bestehend aus: | | |
| | den „festen" Würfeln . . . . . | $W_1$, $W_2$ | 43 |
| | und den „freien" Würfeln . . . | $W_1$, $W_2$ | 43, 44 |
| 8. | Die Würfelschräubchen . . . . . | $w_1$, $w_2$ | 43, 44 |
| 9. | Die Schlitten . . . . . . . . . | $S_1$, $S_2$ | 43 |
| 10. | Die Schlittenschrauben . . . . . . | $s_1$, $s_2$ | 43 |
| 11. | Der Diopter . . . . . . . . . | A | 45 |
| 12. | Die Blende . . . . . . . . . | b | 45 |
| 13. | Die Diopterschraube . . . . . . . | a | 45 |
| 14. | Das Dioptergelenk . . . . . . . | G | 45 |
| 15. | Die Gelenkschraube . . . . . . . | g | 45 |
| 16. | Der Distanzarm . . . . . . . . | D | 45, 46 |
| 17. | Der Krahnenmuff . . . . . . . | M | 46 |
| 18. | Die Krahnenröhre . . . . . . . | T | 46 |

| | | | Fig. |
|---|---|---|---|
| 19. | Die Röhrenführung | t | 46 |
| 20. | Die Krahnenscheibe | K | 46 |
| 21. | Die Scheibenschraube | k | 46 |
| 22. | Das Krahnenpolster | Q | 43 |
| 23. | Die Krahnenringe | $q_1$, $q_2$ | 46 |
| 24. | Der Oberschenkel | o | 46 |
| 25. | Der Unterschenkel | u | 46 |
| 26. | Die Leitstange | L | 46 |
| 27. | Die Krahnenführung | V | 46 |
| 28. | Die Führungsschraube | v | 46 |
| 29. | Die Zwinge | Z | 47 |
| 30. | Die Zwingschraube | z | 47 |
| 31. | Die Zwingplatte | y | 47 |
| 32. | Die Zeigerschraube | i | 47, 48 |
| 33. | Der Zeiger | I | 47, 48 |
| 34. | Die Stellschraube | h | 48, 49 |
| 35. | Die Skala | N | 49 |
| 36. | Der Zeichenstift | P | 40 |
| 37. | Die Perle | p | 39, 40 |
| | Dazu kommen noch: | | |
| 38. | Der Senkel | l | 50 |
| 39. | Der Keil | E | 51 |
| 40. | Der Stifthalter | S | 39 |
| 41. | Die Zwingscheibe | Z | 36, 39 |
| | mit Zwingplatte | y | 36 |
| | und Zwingschraube | z | 36 |
| 42. | Der Ersatzhaken | Y | 52 |
| 43. | Der Augenring | X | 53 |
| 44. | Der Präzisionszeichner mit seinen einzelnen Teilen. Anhang, Nr. 7. | | 97—99 |

## II. Anwendung des Apparates.

### f) Einstellung des Apparates auf Naturbilder.

Der Apparat muß bekanntlich beim Gebrauche mit dem Blendrahmen fest verbunden sein. Ob er aber an dem linken oder rechten, oberen oder unteren Rande desselben angebracht wird, ist vollkommen gleichgültig. Es können ihn demnach nicht nur diejenigen benützen, welche mit der rechten, sondern auch diejenigen, welche mit der linken Hand zeichnen.

Von allgemein praktischer Bedeutung sind indessen bloß die Fälle, in denen er am linken oder oberen Rande des Blendrahmens befestigt wird (s. Fig. 54 und 55). Wir bezeichnen also die in Fig. 54 veranschaulichte Aufstellung des Apparates, weil sie für Höhen- oder Porträtformat die natürlichste ist, als Einstellung auf Höhenformat und die in Fig. 55 gekennzeichnete Aufstellung des Apparates, weil sie sich ganz besonders für Breiten- oder Landschaftsformat eignet, als Einstellung auf Breitenformat. Diese Bezeichnungen charakterisieren indes nur die Stellung des Apparates zur Bildfläche. Für die wirkliche Einstellung sind sie durchaus nicht bindend, und man kann bei einem Breitenformate den Apparat ebenso gut links anbringen oder ihn bei einem Höhenformate am oberen Rande befestigen. Es gelten dann aber stets die Regeln, welche sich an die betreffende Stellung des Apparates knüpfen.

## Einstellung des Apparates auf ein Höhenformat.*)

### Erster Fall.

Zur Einstellung des Apparates auf Höhenformat (Fig. 54) kann nur eine Staffelei verwendet werden, die eine senkrechte Befestigung des Blendrahmens und an der **linken** Seite desselben einen freien Blick auf das Naturbild gestattet. Eine solche Staffelei benützt man also, um den Blendrahmen, dessen Größe 44 × 63 cm betragen soll, in einer für die zeichnende Hand geeigneten Höhe senkrecht mit den größeren Seiten KM und LN aufzustellen. Zur Beurteilung der vertikalen Richtung genügt in den meisten Fällen das Auge. Seltener wird man sich des Senkels bedienen, der jedem Apparate beigegeben ist. Sollte die Anwendung desselben unter den obwaltenden Umständen jedoch ratsam erscheinen, so erreicht man eine genau senkrechte Richtung am sichersten dadurch, daß man eine Kante KM oder LN des Blendrahmens erst von vorne, dann von der Seite mit Hilfe des Senkels einvisiert. Sind senkrechte architektonische Linien in der Nähe, so kann man diese statt des Senkels zum Einvisieren benützen. Sobald nun der Blendrahmen zuverlässig an der Staffelei befestigt ist, beginnt man mit der **Aufstellung des Apparates**:

Man schraubt den **Fuß** mittels der **Fußschrauben**

*) Da der Apparat, so wie er sich im Etui vorfindet, für die Einstellung auf Höhenformate gerichtet ist, wird es von Vorteil sein, sich genau an die hier aufgestellte Reihenfolge der praktischen Übungen zu halten.

von rückwärts her am linken Rande des Blendrahmens und zwar auf der oberen Hälfte desselben fest. Ist der Blendrahmen nach innen abgeschrägt, so gleicht man diese Abschrägung und die dadurch verursachte schiefe Stellung des Fußes zur Bildebene dadurch aus, daß man den **Keil** entsprechend weit unter die vorderen beiden Zwingen des Fußes schiebt. Dann nimmt man die mit dem Krahnen, dem Distanzarm und dem Diopter beweglich verbundene **Säule** aus dem Etui und führt den Diopter in der durch den Säulenhaken bezeichneten Richtung soweit seitwärts, bis der Distanzarm mit der Säule die Form eines Kreuzes bildet. Nun schiebt man den **Säulenhaken** von oben her in die Öffnung des Fußes und verbindet beide mittels der **Verbindungsschraube**. Um jetzt das Rechteck zu bilden, bringt man die beiden **Schlitten** bis an die Widerstandspunkte rechts und links nach außen, stellt sie mittels der **Schlittenschrauben** fest, schraubt die beiden „glatten" **Rechteckstangen** in die vorderen Löcher der festen Würfel und befestigt die mit den freien Würfeln verbundene „dritte" **Rechteckstange** mittels der **Würfelschräubchen** so an den glatten Rechteckstangen, daß die mit schwarz gekennzeichneten Seitenflächen der freien Würfel nach vorne zeigen, und die äußeren Würfelschräubchen unten liegen. Sodann schiebt man den mit der Zwinge versehenen **Zeiger** so an die Säule, daß die Stellschraube oben steht, die Zeigerschiene vorne liegt und die Zwinge mit dem Ähnlichkeitspunkte nach rechts weist.

Da der gewählte Blendrahmen KLMN (Fig. 54) nach Voraussetzung 44 Centimeter breit und 63 Centi-

meter hoch ist, rückt man den Einstellungsrand des Zeigers, oder kurz gesagt den Zeiger, genau auf den Teilstrich 44 und befestigt ihn mittels der **Stellschraube**. Dann bringt man den mit einer Perle versehenen **Gummifaden**, dessen natürliche (durch die beiden Klemmpunkte begrenzte) Länge in allen nur erdenklichen Fällen 27 cm betragen kann, in der bekannten Weise links in die Zwinge und rechts in die Klemmvorrichtung des Zeichenstiftes. Zu der nun folgenden Einstellung der Perle und des Rechteckes bedient man sich, besonders bei den ersten praktischen Übungen, mit großem Vorteile des Stifthalters. Diesen **Stifthalter** schraubt man bei L so an, daß die Spitze des Zeichenstiftes, sobald er in denselben gebracht wird, genau auf der Ecke L des Blendrahmens aufsteht. Darauf schiebt man die **Zwinge** langsam nach auf- oder abwärts und befestigt sie mittels der **Zeigerschraube**, sobald der Eckpunkt l des Rechteckes klmn von der Flucht des Gummifadens OL genau durchschnitten wird. Auf diesen Eckpunkt l bringt man jetzt auch die **Perle**, indem man in der bereits früher besprochenen Weise verfährt. Setzt man nunmehr die Spitze des Zeichenstiftes auf die untere rechte Ecke N des Blendrahmens, so zeigt die Perle den gleichgelagerten Eckpunkt n des Rechteckes an, und es kann unmittelbar die Feststellung des ganzen Rechteckes erfolgen. Während nun die Spitze des Zeichenstiftes auf K oder M steht, wird die Perle über k bezw. m schweben müssen.

Kleine Abweichungen, falls sie vorkommen, rühren regelmäßig daher, daß das Rechteck nicht ganz genau parallel zum Blendrahmen steht. Zur Vermeidung

solcher Ungenauigkeiten genügt eine gewissenhafte Befestigung des Fußes. Es ist indes durchaus nicht notwendig, sich mit dergleichen unwesentlichen Dingen aufzuhalten, zumal sie für die Richtigkeit der beabsichtigten Zeichnung ganz ohne Belang sind. Anders verhält es sich mit dem Blendrahmen selbst, welcher (hauptsächlich bei Architekturaufnahmen) genau senkrecht stehen muß.*)

Jetzt geht man zur Feststellung des Diopters über. Man löst die bekannten 5 Schrauben und sucht mit dem nun vollkommen beweglichen **Diopter**, während man durch die Öffnung desselben hindurchschaut, denjenigen Punkt vor dem Rechtecke, welcher einen angenehmen Überblick über das umrahmte Naturbild gestattet. Zeigt sich dieses in der gewünschten Wirkung und Verteilung im Rahmen, so fixiert man den Diopter dadurch, daß man der Reihe nach die **Führungsschraube**, die **Scheibenschraube**, den **Krahnenmuff**, die **Gelenkschraube** und die **Diopterschraube** anzieht.

Die Stellung des Diopters vor dem Rechtecke ist von außerordentlicher, ja von einzig ausschlaggebender Bedeutung: **Distanz**, **Horizont** und **Augenpunkt**, und mithin die ganze perspektivische Wirkung des beabsichtigten Bildes ist einzig und allein von der Lage des Diopters vor dem Rechtecke abhängig. Wie hoch daher ein feines künstlerisches Empfinden auch anzuschlagen ist — zur sicheren Hand-

*) Eine Ausnahme kann stattfinden bei der Wiedergabe eines Originalbildes. Vgl. Abschnitt h und m.

habung des Apparates und zur Erklärung mancher eigenthümlicher Erscheinungen wird es sich doch empfehlen, die im dritten Teile dieses Werkchens unter Horizont, Bild, Distanz, Augenpunkt ꝛc. entwickelten Grundgesetze nachzulesen. An dieser Stelle kann über die Einstellung des Diopters nur so viel gesagt werden, daß er bei Naturaufnahmen 1) von dem Rechtecke mindestens so weit entfernt sein soll, als die größere Seite des eingestellten Rechteckes lang ist, und daß er 2) nicht seitlich rechts oder links, sondern wenn möglich stets der Mitte des Rechteckes gegenüber stehen soll. Es wird also beim Einstellen auch die Staffelei manchmal nach links oder rechts gedreht werden müssen, damit das Rechteck und vor ihm der Diopter die geeignete Lage erhält.

Um die Einstellung zu vollenden, schiebt man eine entsprechende **Blende** in den Diopter. Je schwächer das Naturbild beleuchtet ist, desto größer soll die Öffnung der Blende sein, und umgekehrt: je stärker die Beleuchtung ist, desto kleiner darf die Öffnung derselben sein. So läßt sich die sonnigste und intensivste Naturbeleuchtung durch eine Blende von minimaler Öffnung in das angenehmste Halbdunkel verwandeln, ohne daß eine Abtonung des Naturbildes mittels dunkeler Gläser notwendig wird. Freilich läßt sich durch eine solche kleine Blende bloß ein kleiner Teil des Naturbildes auf einmal, und das ganze Naturbild nur der Reihe nach überblicken. Aber die Blende dient ja auch nur zum Zeichnen — während zum Einstellen der Diopter ohne Blende benützt wird.

Ist das Auge einem starken seitlichen Lichte aus-

gesetzt, so ist das Sehen erschwert und das Naturbild erscheint nebelig. Diesen Übelstand beseitigt man am bequemsten dadurch, daß man den Kopf mit einem weichen Filzhute bedeckt und durch die umgebogene Krempe desselben das Auge und den Diopter vor der störenden Lichtwirkung schützt.

Jetzt beginnt man die Übertragung des Naturbildes: Man bringt das eine Auge möglichst nahe an den Diopter, und indem man das andere leicht schließt, führt man den Zeichenstift so, daß die Perle als Führungspunkt über die Umrisse und Formen der Körper hinzulaufen scheint. Ist die Hand etwa unsicher oder ungeübt, ohne Stütze zu arbeiten, so kann man sich eines Malstockes oder einer Mallatte bedienen. Ebenso kann man bei den allerersten Übungen nötigenfalls eine leichte Binde (Kompresse) über das geschlossene Auge legen. In kürzester Zeit wird man sich daran gewöhnt haben, das Auge ungezwungen, selbst bei stundenlanger Arbeit geschlossen zu halten. Daß Staffelei, Rahmen und Apparat bei der Arbeit nicht aus der Lage gebracht werden dürfen, und daß auch das Naturbild in absoluter Ruhe verharren muß, ist selbstverständlich. Hat man alle hier besprochenen Vorkehrungen getroffen und die beigefügten Ratschläge befolgt, so wird man auf dem Blendrahmen eine Zeichnung erhalten, welche den Verhältnissen und der Raumwirkung des vom Rechtecke umschlossenen Naturbildes genau entspricht.

Zweiter Fall.

Stellt man den eben verwendeten Blendrahmen nicht als Höhen-, sondern als Breitenformat auf

die Staffelei und befestigt man den Apparat nichtsdestoweniger an der linken Seite des Rahmens, so ist bis auf einen einzigen Punkt bei der Einstellung genau so zu verfahren, wie es oben gezeigt wurde. Diese einzige Ausnahme besteht darin, daß der Zeiger nicht auf 44, sondern auf 63 eingestellt werden muß. — Dadurch aber erhält man ein kleineres Rechteck und infolgedessen unnötiger Weise eine größere Multiplikation des Naturbildes. Außerdem ist die Lage des Blendrahmens zur zeichnenden Hand nicht die bequemste. Bei kleineren Bildformaten jedoch bietet auch diese Verbindung von Blendrahmen und Apparat viel Angenehmes und ist wegen ihrer Natürlichkeit wohl zu empfehlen.

### Einstellung des Apparates auf ein Breitenformat.

### Erster Fall.

Für die Einstellung des Apparates auf ein Breitenformat (Fig. 55) ist nur eine Staffelei verwendbar, welche 1) eine senkrechte Befestigung des Blendrahmens und 2) an der oberen Seite desselben einen freien Blick auf das Naturbild ermöglicht.

Ist der Blendrahmen, dessen Größe die alte bleiben soll, als Breitenformat auf einer solchen Staffelei senkrecht befestigt, so verfährt man, um den Apparat einzustellen, folgendermaßen: Man schraubt den Fuß am oberen Rande des Blendrahmens — und zwar auf der linken Hälfte desselben — fest, führt die Säule von links her in den Fuß und befestigt sie. Dann schraubt man die Leitstange aus dem Krahnenpolster heraus, nimmt

den Krahnen samt allen mit ihm verbundenen Teilen von der Säule ab, führt ihn, mit dem entgegengesetzten Krahnenringe voran, wieder an die Säule und auf das Krahnenpolster zurück und schraubt die Leitstange zwischen beiden Krahnenringen im Krahnenpolster fest. Um Verwechselungen vorzubeugen, ist der eine Krahnenring mit **H** — Höhenformat — und der andere mit **B** — Breitenformat — bezeichnet. Bei Umstellung des Apparates auf Höhenformat führt man also den Krahnenring **H**, und bei Umstellung auf Breitenformat den Krahnenring **B** voran an die Säule. Die Leitstange soll bei der Abnahme des Krahnen aus der Krahnenführung nicht herausgenommen werden, damit eine fehlerhafte Neuverbindung dieser beiden Teile vermieden wird. Ist der Krahnen mittels der Leitstange befestigt, so bringt man den Diopter, wenn dies noch nicht der Fall sein sollte, nach vorne.

Die jetzt folgende Aufstellung des Rechteckes bietet nichts Neues: Die glatten Rechteckstangen werden in die vorderen Löcher der festen Würfel geschraubt — die freien Würfel sollen mit den schwarzen Seitenflächen wieder nach vorn zeigen, und die äußeren Würfelschräubchen sollen sich auf der rechten Seite befinden. Während man dann den Zeiger an die Säule schiebt, hat man darauf zu achten, daß die Stellschraube links und die Zeigerschiene vorne liegt. Die Zwinge nimmt man ab und bringt sie so an den Zeiger, daß sie mit dem Ähnlichkeitspunkte nach abwärts weist. Da der Blendrahmen KLMN (Fig. 55) wiederum 44 × 63 cm groß angenommen wurde, stellt man den Zeiger —

genau wie im ersten Falle der Einstellung auf Höhenformat — auf den Teilstrich 44 ein und benützt auch, wenn möglich, denselben Gummifaden. Ist dieser noch unverändert, von Zwinge und Stift gefaßt und die Perle nicht von der Stelle verschoben, so wird man finden, daß sich sowohl für die Lage der Perle, als auch für die Größe des Rechteckes keinerlei Abweichung von dem genannten früheren Beispiele ergiebt.

Im übrigen verfährt man ganz in der bekannten Weise: Man deckt die Spitze des Zeichenstiftes, etwa mittels des Stifthalters, auf die Rahmenecke L ein (Fig. 55), schiebt die Zwinge links oder rechts und stellt sie fest, wenn die Flucht des Gummifadens den Eckpunkt l des Rechteckes durchschneidet. Auf diesen Eckpunkt bringt man auch die Perle. Deckt man jetzt die Spitze des Zeichenstiftes auf den Eckpunkt N des Blendrahmens ein, so zeigt die Perle den Eckpunkt n des Rechteckes an. Unter Benutzung dieses Punktes n vollendet man die Einstellung des Rechteckes, fixiert dann vor demselben die Stellung des Diopters, versieht diesen mit einer entsprechenden Blende und beginnt das Zeichnen.

## Zweiter Fall.

Ist der bis jetzt benutzte Blendrahmen als Höhenformat auf der Staffelei aufgestellt, und sieht man sich aus irgend einem Grunde veranlaßt, den Apparat nicht am l i n k e n, sondern am o b e r e n Rande anzubringen, so ändert sich das Einstellungsverfahren nur in dem e i n e n Punkte, daß der Zeiger nicht auf 44, sondern auf 63 eingestellt werden muß. Für größere Bild-

dimensionen empfiehlt sich diese Einstellung sicherlich nicht; bei kleineren Formaten kann indessen auch diese Verbindung von Apparat und Bildebene mancherlei Bequemlichkeiten bieten.

Unter Bezugnahme auf die vorausgegangenen vier praktischen Fälle und im Anschlusse an Fig. 54 und 55 lassen sich die wesentlichen Punkte der Einstellung — gleichviel ob es sich um ein Höhen- oder ein Breitenformat handelt — zusammenfassen, wie folgt:

## Allgemeine Einstellungsregeln.

1. Der Blendrahmen soll genau senkrecht stehen — es müßte denn sein, daß aus bestimmten Gründen eine andere Aufstellung desselben beabsichtigt wäre.

2. Der Apparat muß fest mit dem Blendrahmen und dieser fest mit der Staffelei verbunden werden.

3. Der Säulenhaken muß von der Richtung der linken oberen Rahmenecke K her in den Fuß geschoben werden.

4. Die beiden glatten Rechteckstangen müssen in die vorderen Löcher der festen Würfel geschraubt werden.

5. Die dritte Rechteckstange soll so angebracht werden, daß die freien Würfel mit den schwarzen Seitenflächen nach vorne schauen und die äußeren Würfelschräubchen außerhalb des Rechteckes liegen.

6. Das durch Ober- und Unterschenkel der Krahnenführung gebildete Krahnenknie muß rückwärts liegen. Dies wird stets der Fall sein, wenn

man bei Umstellung des Apparates auf Höhenformat den Krahnenring **H** und bei Umstellung auf Breitenformat den Krahnenring **B** voran an die Säule führt.

7. Die Zeigerschiene muß vorne liegen.

8. Die Zwinge muß mit dem Klemm- oder Ähnlichkeitspunkte (O) nach dem Blendrahmen zeigen.

9. Unter Größe eines Bildes ist immer die durch die Richtung $OP_2$ des Gummifadens (oder der Säule) bezeichnete Dimension zu verstehen. Bei dem Naturbilde oder Rechtecke ist dies die Dimension kl, bei dem Blendrahmen die Dimension KL.

10. Drückt man die Größe des gewünschten Formates in Centimeter aus, so erhält man die für die Einstellung des Zeigers maßgebende Nummer der Skala.

11. Der Gummifaden soll stets etwas kürzer sein, als die Entfernung $OP_1$. Eine Länge von 27 cm eignet sich für alle Fälle.

12. Die Lage der Zwinge auf dem Zeiger wird mit Hilfe des Gummifadens, des im Säulenknie gelegenen Würfeleckpunktes l und des zugehörigen Rahmeneckpunktes L festgestellt.

13. Die Lage der Perle auf dem Gummifaden wird ebenfalls unter Benutzung des Würfeleckpunktes l und des zugehörigen Rahmeneckpunktes L bestimmt.

14. Die Lage der dritten Rechteckstange — bezw. des einen Würfeleckpunktes (n) — wird mit Hilfe des Gummifadens (der Perle) und des unteren rechten Rahmeneckpunktes (N) gefunden.

15. Der Diopter sollte bei Naturaufnahmen stets der senkrechten Mittellinie des Rechteckes gegenüber liegen und mindestens so weit von diesem entfernt sein, als die größere Seite des eingestellten Rechteckes lang ist.

### g) Wiedergabe der Natur in Bildgrößen unter 35 cm.

Um auf Bildgrößen*) unter 35 Centimeter einzustellen, verfährt man (abgesehen von einer einzigen Abweichung) im wesentlichen ebenso wie bisher:

Man befestigt den Apparat am Blendrahmen und diesen an der Staffelei. Hierauf stellt man (vgl. Fig. 56 und 57) den Zeiger auf den Teilstrich 35 der Skala, ermittelt die Lage der Zwinge unter Benutzung des Gummifadens und der vielgenannten Eckpunkte l und L und bestimmt mit Hilfe dieser beiden Punkte die Lage der Perle auf dem Gummifaden. Setzt man jetzt die Spitze des Zeichenstiftes auf den linken oberen Rand K des Blendrahmens, so zeigen Gummifaden und Perle den Eckpunkt $k_1$ des für unsere Einstellung in betracht kommenden Rechteckes an. Auf diesen Punkt bringt man also den Würfeleckpunkt k und stellt den Schlitten mittels der Schlittenschraube fest. Nun bestimmt man noch die Lage der dritten Rechteckstange mit Hilfe des Gummifadens und des Rahmeneckpunktes N (oder M) und vollendet die Einstellung in der bekannten Weise.

### h) Verkleinerung vorhandener Bilder.

Hat man ein Blendrahmenformat zur Hand, welches

*) Vgl. Einstellungsregel 9. Seite 85.

den Größenverhältnissen des Originales und den Maßen der gewünschten Verkleinerung genau entspricht, kann auch dieses Format bequem mit der zeichnenden Hand beherrscht werden, und steht oder hängt das Original senkrecht, so empfiehlt sich folgendes Verfahren:

Man verbindet Staffelei, Blendrahmen und Apparat in der üblichen Weise zu einem starren Ganzen und stellt auf die Größe des Blendrahmens ein; den Diopter fixiert man jedoch noch nicht. Hierauf bringt man die Staffelei in ziemliche Nähe des Originales und stellt sie so, daß der senkrecht stehende Blendrahmen eine genau parallele Lage zur Originalbildebene erhält. Nun sucht man zunächst mit dem freien Auge den Punkt, von dem aus das Original von den Rechteckstangen des Apparates scheinbar umrahmt wird, und indem man dann den Diopter an die Stelle des Auges bringt, verschärft man die Einstellung des Apparates dahin, daß sich die vier inneren Würfeleckpunkte genau mit den Eckpunkten des Originales decken.

Ist der Apparat — und das sollte bei derartigen Aufgaben nicht übersehen werden — gewissenhaft am Blendrahmen befestigt, ist also namentlich die durch den Keilrahmen herbeigeführte schiefe Richtung desselben zur Zeichnungsebene durch den Keil ausgeglichen, so werden sich die vier Eckpunkte des Rechteckes nicht nur vollkommen genau mit den betreffenden Eckpunkten des Originales decken, sondern es wird diese Deckung sogar als zuverlässige Kontrolle für die parallele Lage des Rechteckes und mithin des Blendrahmens betrachtet werden können. Sobald also das Original genau im Rechtecke

sitzt, fixiert man den Diopter, schiebt eine entsprechende Blende in denselben und beginnt das Zeichnen.

Kennt man das Höhen- und Breitenverhältnis des Originales nicht, so muß man sich nur darüber klar werden, welche Größe*) die beabsichtigte Kopie erhalten soll. Auf diese Größe stellt man dann den Apparat ein, läßt jedoch die Lage der dritten Rechteckstange und des Diopters noch unbestimmt. Hierauf richtet man den Blendrahmen parallel zur Originalbildebene und sucht mit dem Diopter den Punkt, von dem aus sich die drei infolge der Einstellung nicht mehr veränderlichen Seiten des Rechteckes genau mit den bezüglichen Seiten des Originales decken. Jetzt muß nur mehr die dritte Rechteckstange (die indessen ebenso gut entbehrlich wäre) mit der vierten Seite des Originales in Deckung gebracht und der Diopter mit einer Blende versehen werden.

Steht oder hängt das Original schief, so muß auch der Blendrahmen und mit ihm der Apparat schief und zwar genau parallel zur Originalbildebene auf der Staffelei befestigt werden. — Umgekehrt kann man, etwa der Bequemlichkeit halber, den Apparat z. B. an einem schief oder horizontal liegenden Zeichentische befestigen und dann das Original in eine schiefe oder horizontale, zur Zeichnungsebene parallele Lage bringen.

Handelt es sich um eine kleinere oder sehr kleine Kopie, so wird man nur dann ein eigenes Rähmchen verwenden, wenn dieses auch für später an dem beab-

---

*) Vgl. Einstellungsregel 9. Seite 85.

sichtigten Bildchen verbleiben soll. In den meisten Fällen jedoch (hauptsächlich bei Illustrationen) wird man sich das betreffende Format einfach an geeigneter Stelle auf einem größeren Blendrahmen angeben und auf dasselbe einstellen. — Ist das Format der beabsichtigten Wiedergabe des Originales zu groß, um direkt erzielt werden zu können, so fertigt man erst eine entsprechend kleinere Kopie an und vergrößert diese dann unter Anwendung des im nächsten Abschnitte erörterten Verfahrens.

Zum Schlusse mag noch erwähnt werden, daß der Apparat bei den eben besprochenen Aufnahmen sich durchaus nicht der Mitte des Originales gegenüber befinden muß — im Gegenteile! der Standpunkt vor dem Orignale ist ein ganz beliebiger; einzige Bedingung ist nur, daß der Blendrahmen **parallel** zur Originalbildebene steht. Auch können sich niemals, selbst wenn man das Original aus unmittelbarster Nähe aufnehmen würde, irgendwelche perspektivische Verzerrungen ergeben.

### i) Vergrößerung vorhandener Bilder.

Will man von einem Originale eine vergrößerte Kopie anfertigen, so verfährt man in der Regel*) folgendermaßen:

Man bringt Original und Kopie in eine Ebene auf Zeichentisch oder Staffelei und bestimmt (vgl.

*) Kann das erwünschte Format durch direkte Aufnahme erzielt werden, und soll die Kopie weniger als fünfmal so groß werden wie das Original, so läßt sich die Aufgabe auch im Sinne des vorigen Abschnittes lösen.

Fig. 58) die Seite KM der Kopie nach dem Gefühle oder mit dem Maßstabe. Ist KM nicht mehr als **dreimal** so groß wie km, so legt man Original und Kopie unmittelbar aneinander, wie es Fig. 58 veranschaulicht*). Hierauf zieht man durch K und k sowie M und m gerade Linien, die man bis zu ihrem Schnittpunkte O verlängert. Dann faßt man den Gummifaden, der etwas kürzer sein soll als $OP_1$, links mit der Zwingscheibe und rechts mit dem Stifte, befestigt die Zwingscheibe in der bereits unter Abschnitt b besprochenen Weise bei O, bringt während die Spitze des Zeichenstiftes auf K (oder M) steht, die Perle auf k (oder m) und beginnt das Zeichnen.

Um der Elastizität des Gummifadens geziemend Rechnung zu tragen, sollte der Ähnlichkeitspunkt O nicht näher an die Kopie heranrücken als die halbe Breite der Kopie mißt. In Fig. 59 sollte also die Linie OO die Grenze der Annäherung bilden.**) Liegt der Ähnlichkeitspunkt in dieser Linie OO und liegen Original und Kopie unmittelbar aneinander, so ergiebt sich eine **dreifache** Vergrößerung des Originales (vgl. Fig. 15).

Ist nun KM (vgl. Fig. 60) mehr als **dreimal** so groß wie km, so bestimmt man auch die Breite KL der Kopie annähernd (etwa dadurch, daß man das

---

*) Notwendig ist dies ja nicht, wohl aber bequem. Bedingung ist nur, daß Original und Kopie parallel zu einander liegen (vgl. Fig. 13).

**) Aus triftigen Gründen kann der Ähnlichkeitspunkt auch so nahe an die Kopie heranrücken, daß der Abstand der Linie OO nur ein Drittel, ja sogar nur ein Viertel von KL beträgt.

Original in die Ecke M der Kopie legt und die Diagonale ML zieht). Dann halbiert man KL und nimmt den Ähnlichkeitspunkt soweit links von KM an, als die halbe Seite KL lang ist. Von O aus zieht man dann die geraden Linien OK und OM und legt das Original **so**, daß die Seite km parallel zu KM ist, und die Eckpunkte k und m in die Linien OK und OM fallen*). Nun benützt man in der bekannten Weise einen Gummifaden, der etwas kürzer ist als $OP_1$, befestigt die Zwingscheibe bei O, bringt, während die Spitze des Zeichenstiftes auf K oder M steht, die Perle auf k (oder m) und beginnt das Zeichnen.

Die bisher angeführten Regeln gelten natürlich auch dann, wenn das Original etwa bei einem Breitenformate (vgl. Fig. 61) an der oberen Seite der Kopie liegt.

Soll die Übertragung sehr gewissenhaft ausgeführt werden, so bestimmt man die Lage des Auges mit Hilfe des Diopters: Man schraubt den Fuß (vgl. Fig. 62) an der linken (oder gegenüberliegenden) Seite des Tisches fest, führt den Ersatzhaken von der einen (oder anderen) Seite in den Fuß und befestigt ihn mittels der Verbindungsschraube so, daß das Krahnenpolster senkrecht steht. Dann löst man die Leitstange aus der Säule und nimmt den Krahnen samt allen mit ihm verbundenen Teilen ab, führt ihn mit dem entsprechenden**)

*) Bei einiger Übung genügt der Gummifaden selbst zur Darstellung der geraden Linien und mithin zur Anordnung des Originales.

**) Bei der in Fig 62 veranschaulichten Zusammenstellung wurde der Krahnenring B voran auf das Krahnenpolster geführt. Wäre der Ersatzhaken von der entgegengesetzten Seite in den Fuß gebracht worden, so hätte der Krahnenring H vorangeführt werden müssen.

Krahnenringe voran auf das Krahnenpolster des Ersatzhackens und schraubt die Leitstange in demselben fest. Nun kann man die Lage des Auges ganz nach Belieben feststellen. — Selten wird man überhaupt eine, nie aber eine sehr kleine Blende benützen. Vielmehr genügt es in vielen Fällen den Diopter durch den Augenring zu ersetzen und mit diesem die Lage des Auges zu bestimmen.

Nicht viel anders gestaltet sich die Aufgabe, wenn nicht ein Bild in seiner Gesamtheit, sondern nur ein Teil desselben in einer bestimmten Vergrößerung kopiert werden soll: In diesem Falle bestimmt man nach Gefühl oder Maßstab zwei Punkte der Kopie, etwa B und C in Fig. 63, d. h. man bezeichnet die Stellen, an denen die Punkte b und c des Originales liegen sollen, sobald die Vergrößerung ausgeführt ist. Dann legt man das Original so weit links von B und C, daß es voraussichtlich der Vergrößerung nicht im Wege steht. Zieht man jetzt die geraden Linien Bb und Cc, so findet man den Ähnlichkeitspunkt O. Ist (die gedachte Linie) BC n i c h t m e h r a l s **dreimal** so groß wie (die gedachte Linie) bc, so benützt man einen Gummifaden, der nicht ganz bis zum rechten Rande des Originales, sondern etwa bis zum Punkte d reicht. Ist BC m e h r a l s **dreimal** so groß wie bc, so empfiehlt es sich, einen Gummifaden von 20 cm natürlicher Länge zu verwenden und den Ähnlichkeitspunkt dementsprechend anzunehmen. Während dann die Spitze des Zeichenstiftes auf B (oder C) steht, stellt man die Perle auf b (oder c) und beginnt das Zeichnen.

Handelt es sich indessen um eine peinliche Genauig-

keit, so verfährt man, um die Perle einzustellen, besser folgendermaßen: Man drückt die (gedachten) geraden Linien bc und BC in Centimeter aus, trägt die beiden Maße auf den Gummifaden, beidesmal vom Ähnlichkeitspunkt aus, ab und markiert sie durch Perle und Stift. D. h. ist bc = 7 cm und BC = 26 cm, so trägt man (vgl. Fig. 64) erst 7 cm und dann 26 cm, jedesmal vom Ähnlichkeitspunkte aus, in einunddderselben Flucht ab und deckt, während die Spitze P des Zeichenstiftes auf dem Zeichen bei 26 steht, die Perle p auf das Zeichen bei 7 ein. Da jedoch der Gummifaden unter diesen Voraussetzungen meistens nur wenig, manchmal aber gar nicht gespannt ist, so multipliziert man beide Zahlen je nach Umständen mit 2, 3, 4, 5 u. s. w. und stellt dann Perle und Stift mit Hilfe der so gefundenen Zahlen ein. Steht also in unserem Beispiele der Stift auf dem Zeichen 52, 78, 104, 130 . . . ꝛc. Centimeter, so muß die Perle dementsprechend auf 14, 21, 28, 35 . . . ꝛc. Centimeter stehen *). So ist es möglich, die Perle leicht zu verschieben und scharf einzustellen. Nun befestigt man die Zwingscheibe O an geeigneter Stelle (vgl. Fig. 63), legt das Original so, daß, während der Stift auf dem Punkte B bezw. C steht, die Perle über dem Punkte b bezw. c schwebt, und beginnt das Zeichnen.

Solange die Perle auf dem Gummifaden nicht verschoben wird, ist es unmöglich, von einem Originale

*) Diese Multiplikation sollte immer so gewählt werden, daß der Gummifaden ungefähr bis zum Fünffachen seiner natürlichen Länge gespannt ist.

eine andere als gerade die bestimmte Vergrößerung zu erzielen. Wie hiebei Original, Kopie und Ähnlichkeitspunkt zu einander gelagert sind, ist vollkommen gleichgültig (siehe Fig. 13). Es können daher bei der Übertragung Stücke in beliebiger Aufeinanderfolge an einander gereiht und somit selbst die größten Bildformate erzielt werden, ohne daß sich hiebei ein Fehler gegen die Verhältnisse einstellen kann.

Um eine derartige Aufgabe zu lösen, benutzt man einen Gummifaden von 20 cm natürlicher Länge, drückt eine Seite des Originales und die betreffende Seite der Kopie, etwa km und KM (Fig. 65), in Centimeter aus und stellt Perle und Stift im Sinne der Fig. 64 auf diese beiden Zahlen ein. Da diese indessen regelmäßig zu groß sind, so dividiert man beide durch die gleiche Zahl und stellt auf die gefundenen Resultate ein. Wäre z. B. km = 23 cm und KM = 2 m, so würde man beide Zahlen mit 2 dividieren, und während der Stift auf dem Zeichen 1 m steht, die Perle auf das Zeichen 11,5 cm einstellen. In gleichem Sinne dividiert man beide Zahlen durch 3, 4, 5 ... &c. um die zur Einstellung geeignete Ausdehnung des Gummifadens (von ungefähr 1 m) zu erhalten. Hiemit sind die Vorbereitungen beendet, und man kann zur Ausführung der Vergrößerung übergehen: Mißt die größere Seite des Originales nicht mehr als 30 cm, so läßt sich dieses direkt zur Übertragung verwenden. Andernfalls fertigt man von dem Originale eine Pausse oder, wenn es sehr groß ist, eine kleinere Kopie mit dem Apparate an und zerlegt diese in geeignete kleinere Stücke. Das

Letztere muß auch dann geschehen, wenn das Original nicht berührt werden darf. Dann bestimmt man einen einzigen Punkt der Kopie, etwa P (siehe Fig. 65), und legt abseits von diesem das Original parallel mit den bezüglichen Seiten (km und KM) auf die Kopie. Setzt man jetzt den Stift auf P und befestigt die Zwingscheibe so, daß die Perle über dem entsprechenden Punkte p des Originales steht, so kann man das Zeichnen ohne weiteres beginnen. Sind die im Umkreise des Originales liegenden Partien übertragen, so bringt man das Original an eine andere Stelle, setzt den Stift auf einen bereits durch die Übertragung bestimmten Punkt, etwa $P_1$, befestigt die Klemmscheibe, während die Perle genau über dem bezüglichen Punkte $p_1$ des Originales steht und setzt das Zeichnen fort. Dann verlegt man das Original wiederum, benützt die Punkte $P_2$ und $p_2$ zur Feststellung des Ähnlichkeitspunktes und fährt damit fort, bis das Original vollkommen übertragen ist.

Soll hiebei die Lage des Auges fixiert werden, so bedient man sich am bequemsten des Zeichentisches. Auf diesem fertigt man ganz in der eben besprochenen Weise Paussen der einzelnen Figuren, Gruppen und Partien an*). Reiht man diese dann auf der Bildfläche der Kopie aneinander, so wird man finden, daß sich allent-

*) In diesem Falle wird man den Diopter und das Original möglichst in der alten Lage belassen, dagegen aber die Lage der Kopie und der Zwingscheibe entsprechend ändern. Um das Original beim Anheften der Zwingscheibe nicht zu beschädigen, befestigt man die letztere auf einem dünnen Lineale, welches man quer über das Original legt und an geeigneter Stelle fixiert.

halben nur das eine richtige Verhältniß der Maße ergiebt.

Hat man indessen häufig derartige Vergrößerungen anzufertigen, so verlohnt es sich, eine diesbezügliche Vorrichtung zu treffen: Eine Latte L (vgl. Fig. 66), welche über der Bildfläche liegt, wird auf entgegengesetzten Seiten mittels Zwingen am Blendrahmen befestigt. An der Latte ist ein verschieb- und feststellbarer Schlitten S angebracht, welcher mit der Zwingscheibe so verbunden ist, daß der Ähnlichkeitspunkt O sich möglichst wenig über der Zeichnungsebene erhebt. Den Fuß F schraubt man so an, daß die Fußschrauben oben stehen. Da der Distanzarm rückwärts aus der Krahnenröhre nur wenig heraussiehen darf, bringt man den Fuß entsprechend weit ober- oder unterhalb der Zwingscheibe an und erreicht so durch die schrägere Lage des Distanzarmes die Möglichkeit, den Diopter in jedem beliebigen Abstande von der Bildfläche festzustellen. Bei der Übertragung des Originales verfährt man folgendermaßen: Sind Perle und Stift eingestellt, und ist ein Punkt der Kopie, etwa P, bestimmt, so befestigt man zuerst die Latte in geeigneter Lage. Dann nimmt man den Ähnlichkeitspunkt beliebig an, schiebt das Original zwischen die Latte und die Bildfläche der Kopie und befestigt es mittels der beiden Zwingen zz so, daß es parallel zur Kopie liegt und die Perle, während der Stift auf P steht, genau über dem entsprechenden Punkte p schwebt. Hat man ein größeres Stück übertragen, so ändert man je nach Bedarf erst die Lage der Latte, dann die Lage des Ähnlichkeitspunktes und des Fußes und stellt mit

Hilfe etwa des Punktes $P_1$ von neuem ein u. s. w. Für die Feststellung des Diopters gilt nur die eine Regel, daß der Abstand desselben von der Bildfläche stets der gleiche bleiben soll.

## k) Gleich große Übertragung vorhandener Bilder.

Soll ein Bild (z. B. ein noch feuchtes Ölgemälde) gleich groß wiedergegeben werden, so stellt man den Apparat einfach auf die Größe des Originales ein und verfährt im übrigen genau so, wie bei der unter Abschnitt h besprochenen Verkleinerung. Ist indessen die Größe des Originales schwer zu ermitteln (z. B. weil es in einer Gallerie hoch an der Wand hängt), so stellt man nach den im folgenden Abschnitte entwickelten Regeln auf Lebensgröße ein. Kann das betreffende Originalformat wegen seiner Größe nicht direkt erzielt werden, so macht man erst eine kleinere Aufnahme und vergrößert diese dann nach dem im vorigen Abschnitte entwickelten Grundsätzen.

## l) Einstellung auf Lebensgröße, halbe Lebensgröße 2c.

Beabsichtigt man nicht eine abgerundete, durch den Rahmen umschlossene Gesamtheit von Erscheinungen — also ein Bild — auf das gegebene Leinwandformat zu übertragen, — hat man im Gegenteile ein ganz bestimmtes Objekt im Auge, dem man alles übrige unterordnen möchte, so entsteht immer die Frage: „Wie groß wird dieses Objekt auf der Leinwandfläche auf-

tauchen und umgekehrt, wie muß ich einstellen, damit ich genau diese oder jene Größe erhalte?

Der natürliche Maßstab für alle diesbezüglichen Vergleichungen ist die

Lebensgröße.

Leider ist es nur unmöglich, einen Körper in einem Bilde absolut lebensgroß darzustellen. Lebensgroß kann nur eine bestimmte Schnittebene des betreffenden Körpers wiedergegeben werden. Nimmt man z. B. bei der Darstellung eines von vorne gesehenen Kopfes die durch die beiden Augen gelegte Vertikalschnittebene als lebensgroß an, so ist die natürliche Folge, daß die Nase bereits größer und die Ohren kleiner als lebensgroß wiedergegeben werden müssen. Wenn also fernerhin von lebensgroßer Darstellung eines Objektes die Rede ist, so geschieht dies nur unter Bezugnahme auf eine gedachte Schnittebene, deren Bestimmung übrigens vollkommen dem Belieben des Malers überlassen bleibt.

### Einstellungsverfahren auf ganze Lebensgröße, entwickelt an einem praktischen Beispiele.

Den Grundgedanken veranschaulicht Fig. 67. In beliebigem Abstande vom Auge steht ein Objekt F; eine (gedachte) Glastafel $G_4$ ist so aufgestellt, daß sie dieses Objekt senkrecht schneidet; die weiteren senkrecht stehenden Glastafeln $G_3$, $G_2$, $G_1$ teilen die Entfernung der Glastafel $G_4$ vom Auge in vier gleiche Teile. Nun ist augenscheinlich das auf $G_1$ sichtbare Bild des Objektes ein Viertel, das auf $G_2$ sichtbare die Hälfte und das auf $G_3$ sichtbare drei Viertel des auf $G_4$ befindlichen,

ohne Zweifel lebensgroßen Bildes. Hieraus erklärt sich die Regel: Um festzustellen, wie groß ein Objekt auf einer vor dem Auge befindlichen Glastafel erscheint, dividiert man die Entfernung eben dieser Glastafel mit der Entfernung des Objektes. Ist also, wie oben, das Objekt 4 Einheiten vom Auge entfernt, und betragen die Abstände der Glastafeln vom Auge der Reihe nach 1, 2, 3, 4 Einheiten, so haben die auf den Glastafeln erscheinenden Bilder der Reihe nach $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$, $^4/_4$ Lebensgröße.

Die Stelle der schon von alters her zu ähnlichen Zwecken und Erklärungen verwendeten Glastafel vertritt an unserem Apparate bekanntlich die durch die Bewegungen der Perle beschriebene, vom Rechtecke umrahmte Ebene — oder, wie wir uns fernerhin der Kürze wegen ausdrücken werden, das Rechteck. Ersetzen wir also in Fig. 67 die Glastafel $G_1$ durch das Rechteck unseres Apparates, so haben wir auf der gedachten Ebene desselben ein Bild von $^1/_4$ Lebensgröße. Übertragen wir diese Viertel-Lebensgröße in einer vierfachen Vergrößerung auf die Leinwand, so erhalten wir die ursprüngliche Lebensgröße. Die vierfache Vergrößerung aber erreichen wir dadurch, daß wir auf die vierfache Größe*) des bekanntlich 20 cm messenden Rechteckes d. h. auf 80 cm einstellen. Damit ist aber nicht gesagt, daß der Blendrahmen jetzt 80 cm groß sein muß — nein, die Größe desselben ist vollkommen gleichgültig und ohne Belang für die Einstellung.

---

*) Vgl. Seite 85. Einstellungsregel 9.

Wir befestigen also (siehe Fig. 68a und b) den Zeiger am Teilstriche 80, bringen, wenn dies noch nicht der Fall sein sollte, den Würfel k an den Widerstandspunkt gegen den Krahnen, stellen die Zwinge in der Flucht Kk fest und decken, während der Stift auf K steht, die Perle auf k ein. Dann bestimmen wir die Eckpunkte l, m, n des Rechteckes mittels der Perle einfach dadurch, daß wir die Spitze des Stiftes auf die Rahmeneckpunkte L, M, N setzen. Übertragen wir nun das Bild des Objektes auf die Leinwand, so erhalten wir dasselbe 1) lebensgroß und 2) in genau derselben Raumverteilung, in welcher es im Rechtecke klmn sichtbar ist. — Will man ganz besonders gewissenhaft vorgehen, so bestimmt man die Lage der Perle auf k, während die Zwinge bei $O_1$ und die Spitze des Zeichenstiftes auf $P_1$ (einem Punkte der den Leinwandrahmen berührenden Fußkante) steht. Denn durch eine ungenaue Verbindung des Apparates und Blendrahmens könnte leicht ein Fehler herbeigeführt werden.

### Bestimmung des Teilstriches der Skala bei Einstellung auf ganze Lebensgröße.

Das eben angeführte praktische Beispiel zeigt, daß das Mechanische des Einstellungsverfahrens auf Lebensgröße keinerlei wesentliche Abweichungen gegen früher aufweist. Eine Neuerung besteht nur darin, daß zur Einstellung von Perle und Stift die linken oberen Eckpunkte **k** und **K** benutzt werden, und daß man immer erst die Nummer der Skala bestimmen muß, auf welche der Zeiger in jedem einzelnen Falle der Ent-

fernung des Objektes und des Rechteckes eingestellt werden muß. Wie einfach sich jedoch auch die Lösung dieser Aufgabe gestaltet, zeigt die zusammenfassende Regel: Dividiert man die Entfernung des Objektes mit der Entfernung des Rechteckes und multipliziert das Erhaltene mit 20, so ergiebt sich unmittelbar die gesuchte Nummer der Skala*).

Beispiele:

Ist die Entfernung des Objektes 1 m 60 cm und die Entfernung des Rechteckes oder (wie wir sie künftighin immer bezeichnen werden) der Auszug 40 cm, so ist die fragliche Nummer der Skala $\frac{160}{40} \cdot 20 = 4 \cdot 20 = 80$ d. h. in diesem Falle muß der Zeiger auf 80 gestellt werden.

Ist die Entfernung des Objektes 2 m 20 cm und der Auszug 50 cm, so ist die gesuchte Nummer der Skala $\frac{220}{50} \cdot 20 = \frac{440}{5} = 88$ d. h. in diesem Falle ist der Zeiger auf 88 zu stellen.

Beträgt die Entfernung des Objektes 3 m, und ist der Auszug 60 cm, so ist die gesuchte Nummer der Skala $\frac{300}{60} \cdot 20 = 5 \cdot 20 = 100$ d. h. der Zeiger muß unter diesen Voraussetzungen auf 100 eingestellt werden.

---

*) Die Entfernungen sind jedesmal vom Auge d. h. vom Diopter aus zu messen. Als Einheit des Maßstabes kann selbstverständlich jede beliebige Größe, also gleichviel ob Meter, Dezimeter, Centimeter, Fuß, Zoll oder sonst eine, z. B. auf einem Lineale willkürlich angenommene Größe betrachtet werden.

Da nun der Auszug mit 60 cm seine natürliche Grenze erreicht hat, und die höchste auf der Skala eingetragene Nummer 100 ist, so bildet die Entfernung 3 m die Grenze, innerhalb welcher direkte Aufnahmen in ganzer Lebensgröße gemacht werden können.

Eine weitere Auswahl von Beispielen über Einstellung auf ganze Lebensgröße enthält die nachstehende Tabelle:

| Entfernung des Objektes | Auszug | Nummer der Skala | Entfernung des Objektes | Auszug | Nummer der Skala |
|---|---|---|---|---|---|
| 300 | 60 | 100 | 200 | 40 | 100 |
| 290 | 58 | 100 | 190 | 40 | 95 |
| 280 | 56 | 100 | 180 | 40 | 90 |
| 270 | 54 | 100 | 170 | 40 | 85 |
| 260 | 52 | 100 | 160 | 40 | 80 |
| 250 | 50 | 100 | 150 | 40 | 75 |
| 240 | 48 | 100 | 140 | 40 | 70 |
| 230 | 46 | 100 | 130 | 40 | 65 |
| 220 | 44 | 100 | 120 | 40 | 60 |
| 210 | 42 | 100 | 110 | 40 | 55 |
| 200 | 40 | 100 | 100 | 40 | 50 |

Daß natürlich die in vorliegender Tabelle gegebenen Lösungen nicht die einzig möglichen sind, ist selbstverständlich. So kann man z. B. bei 180 cm Entfernung des Objektes je nach Belieben den

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Auszug | 36 | 40 | 45 | 48 | 50 cm groß annehmen und dementsprechend auf die |
| Nummer | 100 | 90 | 80 | 75 | 72 einstellen. |

Übrigens ist es durchaus nicht notwendig, Bruchteile von Zahlen (so wie dies in den bisherigen Beispielen geschehen ist) zu vermeiden, sondern man fixiert unbekümmert um dergleichen Dinge die Lage des Diopters und bestimmt nach den gegebenen Voraussetzungen die Nummer des Teilstriches. — Wäre also die Entfernung des Objektes 2 m 27 cm und der Auszug 51 cm, so würde sich als Nummer der Skala $\frac{227}{51} \cdot 20 = 89.01$ ergeben. Wenn man in diesem Falle auf rund 89 einstellt, so entsteht hiedurch sicherlich keine nennenswerte Abweichung.

Sehr einfach und für praktische Zwecke fast ausreichend ist derselbe Grundsatz in folgender Fassung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ist das Objekt 2mal | so weit vom Diopter entfernt als das Rechteck, so stellt man auf | $(2 \times 20 =)$ | 40 ein |
| $2^1/_2$mal | | $(2^1/_2 \times 20 =)$ | 50 " |
| 3mal | | $(3 \times 20 =)$ | 60 " |
| $3^1/_2$mal | | $(3^1/_2 \times 20 =)$ | 70 " |
| 4mal | | $(4 \times 20 =)$ | 80 " |
| $4^1/_2$mal | | $(4^1/_2 \times 20 =)$ | 90 " |
| 5mal | | $(5 \times 20 =)$ | 100 " |

Im gleichen Sinne könnte man auch sagen: Ist das Objekt $3^3/_{10}$mal so weit vom Diopter entfernt als das Rechteck, so muß man auch auf $3^3/_{10} \cdot 20 = 66$ einstellen u. s. w.

### Bestimmung des Teilstriches der Skala bei Einstellung auf halbe, drittels, viertels... 2c. Lebensgröße.

Dividiert man diejenige Nummer der

Skala, auf die unter den gegebenen Voraussetzungen behufs Erzielung ganzer Lebensgröße eingestellt werden müßte, mit 2, 3, 4, 5, .... ꝛc. und rückt den Zeiger auf die gefundene Zahl, so erhält man halbe, drittels, viertels, fünftels ... ꝛc. Lebensgröße.

Ergiebt sich z. B., während der Zeiger auf 96 steht, ganze Lebensgröße, so wird man halbe Lebensgröße erhalten, sobald man — ohne die übrigen Voraussetzungen d. h. die Entfernung des Rechteckes und des Objektes zu ändern — den Zeiger auf $\frac{96}{2} = 48$ rückt. Diese Regel wird dann von besonderer Bedeutung, wenn eine Aufnahme in ganzer Lebensgröße unmöglich ist, d. h. wenn die Entfernung des Objektes größer ist als 3 Meter. Befindet sich beispielsweise das Objekt in einer Entfernung von $4^1/_2$ Meter, und beträgt der Auszug des Apparates 50 cm, so sollte man behufs Erzielung von ganzer Lebensgröße den Zeiger bekanntlich auf die Nummer $\frac{450}{50} \cdot 20 = 180$ einstellen. Dieser Teilstrich ist aber auf der Skala nicht eingetragen, und mithin besteht auch keine Möglichkeit, eine Aufnahme in ganzer Lebensgröße zu machen. Wohl aber kann man auf halbe, drittels, viertels, fünftels Lebensgröße einfach dadurch einstellen, daß man den Zeiger auf $\frac{180}{2}$, $\frac{180}{3}$, $\frac{180}{4}$, $\frac{180}{5}$ d. h. auf Teilstrich 90, 60, 45, 36 feststellt. Sechstels Lebensgröße dagegen kann auf diese Art wiederum nicht erreicht werden, weil sich

die Nummer $\frac{180}{6} = 30$ auf der Skala nicht befindet. Nimmt man jedoch den Auszug des Apparates entsprechend kleiner oder die Entfernung des Ojektes entsprechend größer, so ist jede ähnliche Aufgabe lösbar, und sollte selbst eine Wiedergabe in kleinstem Maßstabe beabsichtigt sein.

Ist es auf direktem Wege unmöglich, ein Objekt in ganzer Lebensgröße wiederzugeben, so gelangt man indirekt dadurch zum Ziele, daß man erst eine beliebig kleinere Aufnahme macht und diese dann entsprechend vergrößert.

### m) **Unverkürzte Wiedergabe verkürzter Bilder und Ebenen.**

Für die Einstellung des Apparates auf Wiedergabe eines Originales giebt es nur die eine Regel: Die Zeichnungsebene muß **parallel** zur Originalbildebene stehen. Der Standpunkt, den man behufs Aufnahme des betreffenden Bildes wählt, ist ein vollkommen beliebiger. Es ist demnach durchaus nicht notwendig, daß sich der Apparat genau der Mitte des Originales gegenüber befindet, sondern man kann das Original ebenso gut bei schiefer Ansicht, also von rechts oder links, von unten oder oben her aufnehmen. Dieser Satz behält auch dann seine volle Gültigkeit, d. h. es kann auch dann noch eine vollkommen richtige, unverkürzte Aufnahme gemacht werden, wenn das betreffende Original dem Auge bereits als perspektivisches Zerrbild erscheint. So kann man z. B. ein hoch oder schief an der Wand hängendes Bild (etwa in

einer Gemäldegallerie) oder eine monumentale Malerei von einem ganz ungünstigen Standpunkte aus unverkürzt d. h. in den wahren Verhältnissen wiedergeben.

Diese eigentümliche Thatsache findet ihre Erklärung in den Gesetzen über die Pyramidenschnitte. Verbindet man nämlich (vgl. Fig. 69) das Auge A mit den vier Eckpunkten des Originales O, so entsteht eine Pyramide. Gleichviel nun, ob diese eine gerade oder schiefe ist: jeder parallel zur Basis geführte Schnitt erzeugt ein geometrisch ähnliches Bild (G) des Originales und jeder nicht parallel zur Basis geführte Schnitt ein perspektivisch verzerrtes Bild (P) desselben*).

Bei Einstellung des Apparates verfährt man, je nachdem es sich um eine verkleinerte, vergrößerte oder gleich große Aufnahme der Originalbildebene handelt, ganz im Sinne der Abschnitte h, i, k. Eine besonders günstige Stellung des Diopters ergiebt sich, wenn man das Original bei Einstellung des Apparates auf Höhenformat etwas von rechts und bei Einstellung des Apparates auf Breitenformat etwas von unten her aufnimmt.

*) Es genügt also eine kleine Drehung der Staffelei (bezw. des Leinwandrahmens und des Rechteckes), um jetzt ein perspektivisch verzerrtes und jetzt ein geometrisch ähnliches Bild zu erhalten. — Diese Thatsache liefert den praktischen Beweis für die im Abschnitte t aufgestellten Sätze.

# III. Wissenswertes.

## n) Horizont.

Der Horizont ist eine wagerecht durch das Auge gelegte Ebene. Er erscheint jedoch dem Auge nicht als eine Ebene, sondern als eine gerade Linie*) und diese gerade Linie ist nichts anderes als das, was man auch im gewöhnlichen Leben unter Horizont versteht, nämlich die Verschwindungslinie der Erdoberfläche.

Um dies zu beweisen, versetzen wir uns im Geiste auf einen hohen Turm (Fig. 70). Dieser Turm stehe in einer unabsehbaren Ebene. Überall in dieser Ebene seien Stangen aufgestellt, die mit ihren Spitzen genau bis an unsere Horizontebene reichen. Nun werden die Spitzen aller dieser Stangen scheinbar in einer geraden Linie — der Horizontlinie — liegen. Je weiter aber die einzelnen Stangen vom Auge entfernt sind, desto kleiner werden sie erscheinen, bis schließlich die äußerste zu Null wird. Da aber auch diese äußerste mit ihrer Spitze in die Horizontlinie hineinreicht und mit ihrem Fußpunkte gleichzeitig in der Ebene steht, so muß die Ebene notwendigerweise bis zur Horizontlinie heraufgestiegen sein. D. h. die dem Auge als gerade Linie erscheinende Horizontebene ist identisch mit der Berührungslinie von Himmel und Erde.

---

*) Jede in ihrer Verlängerung das Auge treffende gerade Linie, also auch jeder Sehstrahl, erscheint dem Auge als ein Punkt; jede durch das Auge gelegte Ebene erscheint demselben als eine gerade Linie.

Sehr treffend kann man sich den Horizont vorstellen als die **Oberfläche** eines bis zur Augenhöhe heraufgestiegenen Wassers.

Ist das Gelände nun vollkommen **eben**, so ist das Wasser überall gleich tief. Daher werden alle Gegenstände in stets gleicher Höhe und zwar in der Augenhöhe des Beobachters von der Wasseroberfläche d. i. vom Horizonte geschnitten. Stellt also Fig. 71 eine Ebene dar, und reichen die in dieser Ebene aufgestellten Stangen alle genau bis an die Wasseroberfläche, den Horizont, so kann man mit Bestimmtheit aussagen, 1) daß alle diese Stangen gleich groß sind, und 2) daß sie so hoch sind, als sich das Auge des Beschauers über der Ebene befindet (vgl. Fig. 70 u. 16). Weiß man daher oder setzt man voraus, daß das Gelände eben und eine dieser Stangen 27 Meter hoch ist, so ist die notwendige Folge: 1) daß alle übrigen Stangen ebenfalls 27 Meter hoch sind, und 2) daß sich das Auge des Beobachters 27 Meter über der betreffenden Ebene befindet. Diese beiden Thatsachen fassen wir zusammen in dem Satze: **Bei ebenem Gelände ist die Horizonterhebung überall gleich.**

Von welch' außerordentlicher Tragweite dieser höchst einfache Grundgedanke für die Zwecke des zeichnenden oder komponierenden Malers ist, zeigt die folgende praktische Anwendung desselben.

## 1. Ebenes Gelände.

Der Horizont HO eines sitzenden Beobachters

(Fig. 72) durchschneidet alle in der gleichen Ebene befindlichen Objekte in einer Höhe von ungefähr 1 m 20 cm. Entwirft also der Beobachter ein Bild der Ebene und der auf ihr erscheinenden Figuren und Gegenstände, so wird auch der Horizont HO seines Bildes (Fig. 73) alle diese Figuren und Gegenstände in einer Höhe von 1 m 20 cm durchschneiden. Eine erwachsene Person wird also, je nachdem sie größer oder kleiner ist, in der Gegend der Hüften oder der Brust, ein Kind dagegen vielleicht nur an der Spitze des Hutes vom Horizonte getroffen werden. Ob aber die Figur im Vorder-, Mittel- oder Hintergrunde steht, das bleibt vollkommen gleichgültig. Diese Thatsache, wohl in Erwägung gezogen, gestattet eine außerordentlich individuell empfundene Wiedergabe der einzelnen Figuren. — Für leblose Gegenstände giebt dieser Gedanke ebenfalls einen direkt verwendbaren Maßstab in die Hand. — Soll z. B. der im Hintergrunde unseres Bildes sichtbare Leuchtturm 60 Meter hoch werden, so wissen wir, daß nur der fünfzigste Teil seiner ganzen Höhe — 1 m 20 cm — unter dem Horizonte liegen kann. Wir bestimmen also nach Belieben die Spitze desselben und sagen: Das, was über dem Horizonte liegt, sind 49 Teile der ganzen Höhe, mithin darf nur 1 Teil — nämlich der fünfzigste — unter dem Horizonte abgetragen werden. Eine solche Teilung führt man nach dem Gefühle weit besser aus, als es mit Lineal und Zirkel geschieht. — Würde man aber z. B. 1 Zehntel der ganzen Höhe des Leuchtturmes u n t e r und 9 Zehntel derselben ü b e r dem Horizonte abtragen, so würde der Leuchtturm

natürlich nur mehr 10 × 1 m 20 cm d. i. 12 Meter hoch sein u. s. w. — Würde der Beobachter nicht sitzen, sondern stehen (vgl. Fig. 16), so würden im allgemeinen die Köpfe der gehenden und stehenden Figuren im Horizonte liegen.

Ein weiterer Fall ist in Fig. 74 und 75 veranschaulicht. Der Zeichner steht auf einem erhöhten Standpunkte. Sein Horizont liegt rund 2 Manneshöhen, also ungefähr 3 m 40 cm, über der Ebene und schneidet infolgedessen alle im Gelände befindlichen Gegenstände in dieser Höhe. Denkt man sich also (wie in Fig. 71) Stangen errichtet, die mit ihren Spitzen genau in den Horizont reichen, so kann man mit Bestimmtheit behaupten, daß sie ohne Ausnahme 2 Manneshöhen bezw. 3 m 40 cm hoch sind. Um daher an irgend einem Punkte der Ebene z. B. die Figur eines Mannes zu zeichnen, halbiert man die gedachte Stange, oder man sagt sich: Wenn zwei Figuren aufeinander ständen, so würde die zweite mit dem Kopfe an den Horizont reichen. Mit Hilfe dieses Grundgedankens kann jede ähnliche Aufgabe spielend gelöst werden. — So steht z. B. im Hintergrunde unseres Bildes (Fig. 75) eine 85 Meter hohe Pyramide. Wir wissen also, daß nur 1 Fünfundzwanzigstel der gesamten Höhe unterhalb des Horizontes liegen kann. Deswegen bestimmen wir entweder erst den unter dem Horizonte gelegenen fünfundzwanzigsten Teil der Gesamthöhe und tragen ihn noch vierundzwanzigmal über dem Horizonte ab, oder wir bestimmen ganz nach unserem Gefühle die Spitze der Pyramide und sagen uns, wie oben bei dem Leucht-

turme: Das, was oberhalb des Horizontes liegt, sind 24 Teile; das, was unterhalb desselben liegt, ist nur mehr 1 Teil der Gesamthöhe. — Ganz in derselben Weise verfahren wir bei der Wiedergabe der Palmbäume. Beträgt z. B. die Höhe eines solchen Baumes 10 Manneslängen, so liegt 1 Teil der Gesamthöhe, nämlich 2 Manneslängen unter dem Horizonte, während 4 Teile der Gesamthöhe, nämlich 8 Manneslängen den Horizont überragen u. s. w.

Hat der Beobachter einen sehr hochgelegenen Standpunkt, z. B. 40 Manneslängen über der Ebene (vgl. Fig. 76 und 77), so ist auch der in Fig. 71 durch Stangen veranschaulichten Horizonterhebung überall der Wert von 40 Manneslängen beizulegen. In diesem Falle werden die in der Ebene befindlichen Personen sehr klein, nämlich nur 1 Vierzigstel der Horizonterhebung (bezw. der gedachten Stangen) erscheinen und überhaupt nur sehr wenige Gegenstände bis zur Horizontlinie heraufreichen. Wird aber dennoch das eine oder andere Objekt vom Horizonte geschnitten, so kann man mit Bestimmtheit sagen, daß der Punkt an dem es geschnitten wird, 40 Manneslängen über der Ebene liegt. Derartige Bilder müssen unbedingt die Empfindung erwecken, daß man sich als Beschauer auf einem erhöhten Standpunkte befindet. Zieht man jedoch diesen Standpunkt nicht in den Bereich der Darstellung, d. h. läßt man den Vordergrund des Bildes unmittelbar mit den in der Ebene gelegenen Gegenständen beginnen, so wird der Beschauer, der das Bild unbefangen auf sich wirken läßt, künstlich auf einen hoch in der Luft gelegenen

Standpunkt*) versetzt — eine Illusion, die für die meisten Menschen mit einem Gefühle des Unbehagens verbunden ist. Es wird sich daher in allen ähnlichen Fällen empfehlen, den Stand- oder Beobachtungspunkt wenigstens durch einige Gegenstände der nächsten Umgebung erkennen zu lassen.

Die im Anschlusse an das ebene Gelände entwickelten Grundsätze gelten natürlich nicht bloß für die freie Natur, sondern überhaupt für horizontale Ebenen, z. B. für Wasser- und Eisflächen, für Bodenflächen von Sälen und Zimmern, für Plätze und Straßen ꝛc.

## 2. Unebenes Gelände.

Ist das Gelände nicht eben, sondern uneben, so nimmt die Horizonterhebung (vgl. Fig. 17) an verschiedenen Punkten verschiedene Größen an, d. h. die in Fig. 71 aufgestellten, bis zum Horizonte reichenden Stangen sind einander nicht mehr gleich, sondern ungleich. Mit Hilfe dieses sehr einfachen Grundgedankens sind alle, wenn auch noch so komplizierten praktischen Fragen lösbar.

Nehmen wir z. B. an, das Gelände sei an irgend einer Stelle 10 Manneslängen unter den Horizont gesunken, so kann eine Mannesfigur nur 1 Zehntel der an jenem Punkte aufgestellten, bis zum Horizonte reichenden Stange messen — und ist das Gelände 10 Manneslängen über den Horizont gestiegen, so kann eine Mannes-

---

*) Diese Art der Darstellung bezeichnet man mit dem Namen „Vogelperspektive".

figur wiederum nur 1 Zehntel der Stange messen, welche man sich vom Fußpunkte der Figur hinab an den Horizont gelegt denkt. — Da die Beurteilung einer solchen Senkung oder Steigung des Geländes einem geübten Auge keine Schwierigkeiten bereitet, so wird der Maler niemals wegen der Anordnung einer perspektivischen Größe in Verlegenheit geraten.

Ein besonderes Interesse verdienen noch die beiden nachfolgend behandelten Fälle:

1. Wie erzielt man den Effekt, daß der Beschauer des Bildes hoch zu stehen glaubt?

Dieses Problem ist bereits in Fig. 76 und 77 zur Darstellung gebracht: Der Vordergrund mit normalem Horizonte überschneidet das beliebig tiefer gelegene Gelände. Je kleiner die Gegenstände dieses Geländes erscheinen, und je weiter die Spitzen der hohen und höchsten Gegenstände unter dem Horizonte liegen, desto höher wird der Standpunkt, auf dem sich der Beobachter befindet. — Fällt das Gelände (siehe Fig. 78 und 79) stufenartig vom Standpunkte des Beobachters zum Thale ab, so werden mehrfache kräftige Überschneidungen und die Spitzen hochragender Gegenstände den Charakter der Fällung erkennen lassen.

2. Wie erzielt man den Effekt, daß das Gelände gegen die Tiefe des Bildes hin sanft zu fallen scheint?

Tritt an Stelle des steilen Abhanges ein sanftes Gefälle, so gehen die Überschneidungen in Verkürzungen

über (vgl. Fig. 80 und 81). Das Gelände und die auf demselben befindlichen Gegenstände und Figuren sinken, je weiter sie sich vom Auge entfernen, tiefer und tiefer unter den Horizont. Denkt man sich nun wieder die Horizonterhebung bezw. die Senkung des Geländes unter den Horizont in der bekannten Weise durch Stangen veranschaulicht, so kann man jeden Grad der Fällung und jede perspektivische Größe an jedem beliebigen Punkte des Geländes unmittelbar feststellen.

Bei der Wahl des Horizontes bezw. des Standpunktes empfiehlt es sich, so natürlich als möglich zu bleiben, vorzüglich aber nicht ohne zwingende Gründe den Horizont zu hoch zu legen. Denn während sich das Auge bei Untersichten selbst an die stärksten perspektivischen Verzerrungen gewöhnt hat, fühlt es sich bei schon mittelmäßigen perspektivischen Aufsichten gar zu leicht unangenehm berührt. Diese eigentümliche Thatsache hat ihren Grund in der Gewohnheit des Menschen, die Objekte der Erscheinungswelt eben zumeist beim Gehen, Stehen oder Sitzen, seltener schon beim Reiten, Fahren oder aus höheren Standpunkten, äußerst selten aber von sehr hoch gelegenen Punkten zu beobachten.

## Wie hoch soll man die Horizontlinie im Bilde annehmen?

Wie hoch die Horizontlinie im Bilde angenommen werden soll, ist bei keinem der bisherigen Beispiele besprochen worden. In der That bestehen auch die hier erörterten Grundsätze und Effekte vollkommen unabhängig von jeder diesbezüglichen Voraussetzung, d. h. die Be-

stimmung der Horizontlinie des Bildes bleibt in jedem einzelnen Falle vollkommen dem Belieben des Malers überlassen. Unbeschadet dieser künstlerischen Freiheit, wird sich als ein jederzeit sehr guter und zuverlässiger Berater der folgende Grundgedanke erweisen:

1) Will man Gegenstände, die den Horizont überragen (vgl. Fig 82) schon unmittelbar im Vordergrunde durch die ganze Mächtigkeit ihrer Erscheinung auf den Beschauer wirken lassen, so legt man den Horizont sehr tief.*)

2) Will man jedoch die Aufmerksamkeit des Beschauers auf das lenken, was unter dem Horizonte liegt (vgl. Fig. 83), so legt man den Horizont sehr hoch.

Der Horizont wird an unserem Apparate durch den Diopter bestimmt. Da wo das Rechteck von der durch den Diopter gelegten Horizontebene (man denke an die Wasseroberfläche) geschnitten wird, liegt die Horizontlinie des im Rechtecke sichtbaren Naturbildes. Steht die Perle auf dieser Horizontlinie, so zeigt der Stift die Horizontlinie auf der Zeichnungsebene an**). Bewegt man den Diopter nach auf- oder abwärts, so bewegt sich mit ihm die Horizontlinie des Rechteckes und infolge dessen auch der Zeichnungsebene nach auf- oder abwärts. Es ist also kein Fall denkbar, auf den der Apparat nicht eingestellt werden könnte.

*) So haben wir z. B. in Fig. 73 auch einen sehr hohen Gegenstand, den Leuchtturm; aber dieser drängt sich dem Beschauer nicht auf. Er ist Nebensache, nicht Hauptsache. Und wollten wir ihn in den Vordergrund setzen, so würden wir kaum 2 Meter seiner ganzen Höhe darstellen können.

**) Vorausgesetzt natürlich, daß der Apparat vollkommen eingestellt ist.

### o) Entstehung des Bildes.

Errichten wir (vgl. Fig. 84) irgendwo im Gelände vor unserem Auge eine Glastafel KLMN, so erblicken wir auf dieser Glastafel die Natur als Bild.

Die gerade Linie in der dieses Bild von der Horizontebene geschnitten wird, nennt man den Horizont HO. In der Mitte dieses Horizontes, dem Auge a genau gegenüber liegt der Augenpunkt A. Die Entfernung des Auges vom Augenpunkte wird Distanz (d) genannt.

Aus einer Reihe von Gründen, deren Erörterung leider über den Rahmen vorliegender Abhandlung hinausfällt, behauptet dieses Bild ein unbestreitbares Anrecht auf den Namen:

Lebensgroßes Bild*).

Charakterisiert ist dieses lebensgroße Bild dadurch,

*) Denken wir uns das Naturbild in Fig. 84, etwa durch einen geheimnisvollen Vorgang, auf die Glastafel gebannt und die hinter derselben befindlichen Gegenstände entfernt oder vernichtet, so besteht die Empfindung, die wir ursprünglich beim Anblicke der Wirklichkeit hatten, unverändert beim Anblicke dieses Bildes in unserem Auge fort. Dieses Bild ist also die denkbar vollkommenste Wiedergabe der hinter der Glastafel gelegenen Wirklichkeit — es scheint nicht eine Fläche, es scheint Raum zu sein. Da aber der hinter der Glastafel gelegene Raum nichts anderes ist als die unmittelbare Fortsetzung des vor der Glastafel gelegenen Raumes, so ist auch der auf der Glastafel festgehaltene scheinbare Raum nichts anderes als die unmittelbare perspektivische Fortsetzung des wirklichen Raumes. In dieser Thatsache findet der Begriff „lebensgroßes Bild" seine endgültige Erklärung und Berechtigung. — Ein nach diesen Grundsätzen geschaffenes

daß der absolute Vordergrund desselben lebensgroß ist, d. h. den wahren Maßen der Natur genau entspricht.*)

Das lebensgroße Bild KLMN (vgl. Fig. 85) kann vollkommen ersetzt werden durch ein

Unterlebensgroßes Bild

klmn, welches man sich zwischen dem Auge und dem lebensgroßen Bilde so aufgestellt denkt, daß sich die bezüglichen vier Eckpunkte genau decken. — Ein solches unterlebensgroßes Bild klmn wird an unserem Apparate durch die Stangen des Rechteckes umschlossen. Vom Horizont $H_1 O_1$ wird es in genau demselben Verhältnisse geschnitten wie das lebensgroße Bild; der zugehörige Augenpunkt ist $A_1$; die zugehörige Distanz $aA_1$.

Für monumentale, dekorative und ähnliche Zwecke ersetzt man das lebensgroße wohl auch durch ein

---

lebensgroßes Bild hat das unschätzbare „Voraus", daß es an die terrestrischen Raum- und Größenverhältnisse anknüpfend in die durch Perspektive und Farben entstandene Welt der Täuschung überleitet. — Grundsatz der Panoramamalerei.

*) Der absolute Vordergrund wird durch diejenigen Gegenstandspunkte gebildet, die in der Bildebene selbst liegen. In Fig. 84 wären dies etwa diejenigen Sandkörner, Grashalme, Steinchen etc. des Geländes, welche von der Glastafel geschnitten oder berührt werden. Es müßten demnach alle diese Einzelheiten oder kurz gesagt, die Linie MN des Geländes lebensgroß dargestellt werden. Würde MN also 4 m messen, so müßte die betreffende Dimension des „lebensgroßen Bildes" ebenfalls 4 m betragen. — Lebensgroß sind beim „lebensgroßen Bilde" außer dem absoluten Vordergrunde noch die Horizonterhebung und die Distanz, d. h. der Abstand des Auges vom absoluten Vordergrunde.

Überlebensgroßes Bild $K_2L_2M_2N_2$ (Fig 85). Der zugehörige Horizont ist $H_2O_2$, der Augenpunkt ist $A_2$, die Distanz $aA_2$. — Überlebensgroß ist jedes Bild, in welchem irgend ein Gegenstand des Vordergrundes, bezw. eine Schnittebene dieses Gegenstandes überlebensgroß dargestellt ist.

Überlebensgroß kann sich indessen ein Gegenstand nur dann projizieren, wenn er zwischen dem Auge und der Bildfläche also **vor** letzterer liegt. So erscheint z. B. in Fig. 86 und 85 die Figur $F_1$ in überlebensgroßen Umrissen auf dem überlebensgroßen Bilde $K_2L_2M_2N_2$. Malt nun der Künstler überlebensgroß, so stellt er sich, wenn anders er die Natur, so wie sie ist, wiedergeben will, gleichzeitig die Aufgabe, die Figur $F_1$ und den Boden, auf dem sie steht, künstlich aus der Bildebene $K_2L_2M_2N_2$ herauszuziehen und sie körperlich vor derselben schweben zu lassen — ein Problem, welches bisher nur mit Hilfe des Hohlspiegels wirklich gelungen ist. Handelt es sich also um die Wiedergabe eines Objektes, an das sich unwillkürlich die Vorstellung einer bestimmten Größe knüpft (z. B. Porträt), und ist das Bild nicht für eine Umgebung bestimmt, welche durch ihre Größenverhältnisse das Auge über die wahren Maße hinwegtäuscht, so sollte der Künstler nicht überlebensgroß malen.

### p) Zusammenhang zwischen Entfernung und scheinbarer Größe.

Die Größe, in welcher ein Gegenstand auf einer vor dem Auge befindlichen Glastafel erscheint, bezw. in welcher er sich im Bilde darstellt, nennen wir die

perspektivische oder scheinbare Größe dieses Gegenstandes — im Gegensatze zur wahren oder wirklichen Größe desselben.

Wie einfach die Beziehungen zwischen wirklicher und scheinbarer Größe*) sind, zeigen die beiden nachfolgenden Sätze.

Erster Satz.

Dividiert man die Entfernung der Glastafel durch die Entfernung des Objektes, so erhält man die scheinbare Größe des Objektes — ausgedrückt als Bruchteil der Lebensgröße.

Die Entfernungen sind jedesmal vom Auge ab und zwar an dem durch den Augenpunkt gelegten Sehstrahle, der sogenannten Sehaxe, zu messen.

Beispiele.

Ist die Glastafel

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 m | und das Objekt | 2 m | vom Auge entfernt, so ist die scheinbare Größe | | 1/2 | Lebensgröße |
| 1 m | „ „ „ | 3 m | „ „ „ | | 1/3 | „ |
| 1 m | „ „ „ | 4 m | „ „ „ | | 1/4 | „ |
| 1 m | „ „ „ | 5 m | „ „ „ | | 1/5 | „ |
| 2 m | „ „ „ | 3 m | „ „ „ | | 2/3 | „ |
| 2 m | „ „ „ | 19 m | „ „ „ | | 2/19 | „ |
| 7 m | „ „ „ | 49 m | „ „ „ | | 1/7 | „ |

u. s. f.

*) Unter scheinbarer Größe ist nur eine lineare und hier überdies eine unverkürzte, d. h. zur Glastafel parallele Ausdehnung zu verstehen. — Daß die scheinbare Größe keine feste, bestimmte, sondern eine stets veränderliche, von der Lage des Objektes und der Glastafel abhängige Größe ist, bedarf wohl keiner eingehenderen Erörterung.

Die Entfernungen kann man natürlich ebenso gut in Dezimeter, Centimeter, Fuß, Zoll ꝛc. oder durch eine willkürlich angenommene Maßeinheit ausdrücken.

## Zweiter Satz.

Dividiert man die Entfernungen gleich großer Objekte durch einander, so erhält man das Verhältnis ihrer scheinbaren Größen.

### Beispiele.

Ist das eine Objekt 25 m und das andere 100 m vom Auge entfernt, so dividiert man einfach $\frac{25}{100}$ und findet $\frac{1}{4}$; d. h. die scheinbare Größe des einen Objektes ist ein Viertel der scheinbaren Größe des anderen Objektes. Schreibt man den Bruch umgestürzt an, so erhält man $\frac{100}{25} = \frac{4}{1}$; d. h. die scheinbare Größe des einen Objektes ist das Vierfache der scheinbaren Größe des anderen Objektes. Genau das gleiche Resultat wie das obige! — Wie man also die Teilung auch ausführt, man kann nie einen Fehler machen! Denn daß das Entferntere stets das Kleinere ist, versteht sich ja von selbst.

Ist das eine Objekt 3 m und das andere 27 m vom Auge entfernt, so erscheint das entferntere $\left(\frac{3}{27} =\right) \frac{1}{9}$ tel des näheren.

Ist das erste Objekt 7 m und das zweite 350 m entfernt, so erscheint das zweite $\left(\frac{7}{350} =\right) \frac{1}{50}$ tel des ersten u. s. f.

Hat man also in irgend einem Bilde eine Figur bestimmt oder fertig gemalt, und ist man über die Größe einer zweiten erst zu malenden im Zweifel, so findet man die Größe dieser zweiten einfach dadurch, daß man die Entfernung der ersten schon gemalten mit der Entfernung der zweiten erst zu malenden dividiert. — Wäre also die erste Figur in der Natur 5 Meter vom Auge entfernt und sollte die zweite 80 Meter vom Auge entfernt sein, so wäre die Größe dieser zweiten Figur $\frac{5}{80} = \frac{1}{16}$ tel der Größe der ersten.

Da es vollkommen gleich ist, an welcher Stelle man sich eine Glastafel behufs Vergleichung der scheinbaren Größen errichtet denkt, so gilt dieser zweite Satz allgemein d. h. für alle erdenklichen Bildgrößen. Ebenso ist er auf alle nur möglichen Objekte, wenn auch nicht direkt, so doch indirekt anwendbar. Weiß man nämlich, wie groß in dieser oder jener Entfernung z. B. eine Mannesfigur ist, so weiß man auch, wie groß ein Haus, ein Baum 2c. an derselben Stelle erscheinen muß. Oder weiß man z. B., daß der Kopf eines liegenden Aktes 3mal so weit vom Auge entfernt ist als dessen Füße, so weiß man auch, daß der Akt beim Kopfe $^1/_3$ so groß erscheint wie bei den Füßen und umgekehrt, daß er bei den Füßen 3mal so groß erscheint wie beim Kopfe.

Hieraus erklären sich alle sogenannten perspektivischen Verzerrungen.

### q) Distanz.

Von außerordentlicher, ja von einzig ausschlaggebender Bedeutung für die Wirkung des Bildes ist die Distanz.

Unter Distanz versteht man im allgemeinen die Distanz des lebensgroßen Bildes (aA in Fig. 84) d. h. die Entfernung des Auges von dem absoluten Vordergrunde des Naturbildes. — Im besonderen ist unter Distanz die zu dem jeweiligen unter- oder überlebensgroßen Bilde gehörige Distanz ($aA_1$ und $aA_2$ in Fig 85) zu verstehen.

Um die ungeheuere Wichtigkeit der Distanzbestimmung klar zu legen, verfahren wir in folgender Weise:

Wir markieren (vgl. Fig. 87) auf ebenem Gelände in einer Flucht und in stets gleichen Abständen die Punkte 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 . . . 2c., errichten an den Punkten 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 . . . 2c. Stangen von gleicher Größe, nehmen am Punkte 0 in der Weise Aufstellung, daß sich unser Auge genau über dem Punkte 0 befindet und stellen am Punkte 1 bezw. unmittelbar vor der ersten Stange die Glastafel BL als Ebene des lebensgroßen Bildes auf. Nun ist aA (= d) die Distanz und die gegenseitigen Abstände aller Stangen sind dieser Distanz d gleich. Daher besteht auf grund des im vorigen Abschnitte entwickelten ersten Satzes folgendes Verhältnis:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Die bei 1 | aufgestellte Stange erscheint auf der Glastafel | in $\frac{1}{1}$ | d. h. | in ganzer Lebensgröße |
| " 2 | " " " " | " $\frac{1}{2}$ | " | in halber Lebensgröße |
| " 3 | " " " " | " $\frac{1}{3}$ | " | in drittels Lebensgröße |
| " 4 | " " " " | " $\frac{1}{4}$ | " | in viertels Lebensgröße |
| " 5 | " " " " | " $\frac{1}{5}$ | " | in fünftels Lebensgröße |
| " 6 | " " " " | " $\frac{1}{6}$ | " | in sechstels Lebensgröße |
| " 7 | " " " " | " $\frac{1}{7}$ | " | in siebentels Lebensgröße |
| | | | | u. s. w. |

Dieses Verhältnis ist aber ganz unabhängig von den Werten, welche wir den in Fig. 87 mit d bezeichneten unter sich gleichen Abständen beilegen: Würden wir also d d. h. die Distanz 1 Meter groß annehmen, so würden die Gegenstände in den Entfernungen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 . . . 2c. Meter in ganzer, halber, drittels, viertels, fünftels, sechstels, siebentels . . . 2c. Lebensgröße auf der Glastafel erscheinen, oder besser gesagt, die Gegenstände würden in Abständen von je 1 Meter von ganzer auf halbe, drittels, viertels . . . 2c. Lebensgröße übergehen*).

---

*) Um sich von dieser Thatsache zu überzeugen, hat man allenthalben Gelegenheit: Säulen, Telegraphenstangen, Alleen, Laternenpfähle u. s. w. sind geeignete Objekte, sofern sie natürlich gleich groß und in gleichen Abständen vorhanden sind. Steht man bei einem dieser Objekte und betrachtet das (nächste oder) erste

Würden wir die Distanz 10 Centimeter groß annehmen, so würden diese Uebergänge von ganzer auf halbe, drittels, viertels . . . 2c. Lebensgröße in Abständen von je 10 Centimetern erfolgen, und setzten wir die Distanz = 10 Meter, so würden sich diese Übergänge in Abständen von je 10 Metern vollziehen. — Während also beide Naturbilder mit ganzer Lebensgröße beginnen, würde hier ein nur 1 Meter und dort ein schon 100 Meter entfernter Gegenstand in zehntels Lebensgröße auf der Glastafel erscheinen.

Diese Darlegung zeigt: daß das raschere oder langsamere Abnahmeverhältnis der scheinbaren Größen im Bilde einzig und allein von der Größe der Distanz abhängig ist, daß also alle sog. perspektivischen Verzerrungen auf eine zu kurze Distanz zurückzuführen sind, und daß die Bestimmung der Distanz von außerordentlicher Wichtigkeit für die Wirkung des Bildes ist.

Denkt man sich durch die Fußpunkte und Spitzen der in Fig. 87 aufgestellten Stangen gerade Linien gelegt, so erhält man zwei Fluchtlinien, die in einem gemeinschaftlichen, im Horizonte gelegenen Fluchtpunkte verschwinden. Das Maß für die scheinbare Annäherung dieser Fluchtlinien wird hinwiederum durch die scheinbaren Größen der betreffenden Stangen dargestellt. Wäre

---

Objekt als Grundmaß der Vergleichung, so erscheint das zweite $1/2$, das dritte $1/3$, das vierte $1/4$ u. s. w. (des ersten oder nächsten) Objektes. — Der gleiche Grundsatz gilt natürlich nicht bloß für senkrecht stehende, sondern überhaupt für alle unverkürzten Größen.

also die Distanz 10 Centimeter, so würden sich die Fluchtlinien schon bei 1 Meter Entfernung auf $^1/_{10}$ ihres wirklichen, lebensgroßen Abstandes angenähert haben — wäre die Distanz dagegen 10 Meter, so würde die Annäherung der Fluchtlinien auf $^1/_{10}$ ihres lebensgroßen Abstandes erst bei 100 Meter Entfernung erfolgen.

D. h. auch das Verhältnis der scheinbaren rascheren oder langsameren Annäherung der Fluchtlinien ist einzig und allein von der Größe der Distanz abhängig.

Reichen die Spitzen der in Fig. 87 aufgestellten Stangen genau bis zum Horizonte (vgl. Fig. 88), so sind die scheinbaren Größen dieser Stangen das Maß für die scheinbare Annäherung der ebenen Erdoberfläche gegen den Horizont. Stellen wir daher Fig. 88 perspektivisch dar, so erhalten wir das Bild Fig. 89. Alle Stangen reichen selbstverständlich bis zum Horizonte. Während aber die erste d. h. beim Punkte 1 aufgestellte Stange genau bis zum unteren Rande des Bildes reicht, und mithin der ganzen Horizonterhebung gleichkommt, ist die scheinbare Größe

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| der 2ten | Stange | nur | $\frac{1}{2}$ | der | ersten | oder | der | Horizonterhebung | |
| „ 3ten | „ | „ | $\frac{1}{3}$ | „ | „ | „ | „ | „ | |
| „ 4ten | „ | „ | $\frac{1}{4}$ | „ | „ | „ | „ | „ | |
| „ 5ten | „ | „ | $\frac{1}{5}$ | „ | „ | „ | „ | „ | |
| „ 6ten | „ | „ | $\frac{1}{6}$ | „ | „ | „ | „ | „ | |
| „ 7ten | „ | „ | $\frac{1}{7}$ | „ | „ | „ | „ | „ | u. s. f. |

Legen wir nun durch die Fußpunkte der einzelnen Stangen (in Fig. 89) wagrechte Linien, so teilt sich das Gelände in lauter unter sich gleiche Streifen, deren Tiefenausdehnung der Distanz d gleich ist. Würde also die Distanz nur 1 Meter groß sein, so würde schon **der erste Meter** der Tiefenausdehnung des Bildes bis zur Hälfte unter den Horizont heraufsteigen, und wäre die Distanz 10 Meter, so würden erst **die vordersten zehn Meter** der Tiefenausdehnung bis zur Hälfte unter den Horizont heraufgestiegen sein u. s. w. Daß das erste Bild sehr wenig räumliche Tiefe besitzen, und das zweite eine außerordentliche Fernsicht eröffnen würde, liegt klar zu tage.*)

Also auch das Verhältnis der scheinbaren rascheren oder langsameren Steigung der ebenen Erdoberfläche gegen den Horizont ist einzig und allein von der Größe der Distanz abhängig.

Die gegenwärtigen Ausführungen, welche allerdings den Hauptsatz noch lange nicht erschöpfend behandelt haben, mögen dem zeichnenden oder komponierenden Maler als Fingerzeig dienen, die ungünstige, verzerrte Wirkung eines Bildes in erster Linie in der Annahme einer ungeeigneten Distanz zu suchen. — Es wäre indessen eine irrige Ansicht, wollte man glauben, daß nur eine zu kurze Distanz verhängnisvoll für ein Bild werden könne. Auch eine zu lange Distanz ist ungünstig und erweckt im Auge eine unrichtige, unnatürliche Empfindung.

---

*) Derselbe Grundsatz gilt für die scheinbare, gegenseitige Annäherung aller auf der Bildfläche senkrecht stehenden Ebenen.

Den schlagendsten Beweis für diese Behauptung liefern die in allen größeren Städten vorhandenen Stereoskop-Panoramen*). Die oft winzige Wirkung des Vordergrundes im Gegensatze zu den mächtigen Verhältnissen des Mittel- und Hintergrundes sind nur auf eine zu lange Distanz zurückzuführen. Während nämlich eine zu kurze Distanz den Vordergrund zu groß und den Hintergrund zu klein erscheinen läßt, tritt bei einer zu langen Distanz das Gegenteil ein: Der Vordergrund erscheint winzig, der Hintergrund riesenhaft. Aus diesen beiden Thatsachen werden sich experimentell die Gesetze einer für das normale Auge geeigneten Distanz feststellen lassen.

Vollkommen richtig wirkt indessen jedes Bild, wenn es aus derselben Distanz betrachtet wird, welche der Naturaufnahme (vgl. Fig. 85) oder Komposition zu grunde gelegt wurde. Da aber in den meisten Fällen der Standpunkt dem Belieben des Beschauers überlassen bleibt, handelt es sich darum, eine Distanz anzunehmen, die für das normale Auge möglichst angenehm und überzeugend wirkt. Diese Normal-Distanz kann der Maler dadurch finden, daß er den Punkt bestimmt, von welchem aus sich die ganze Bildfläche mit ruhigem, nicht rollendem Auge überblicken läßt.**) Diese ganz dem individuellen

---

*) Meist internationale, Kaiser- oder Wander-Panoramen genannt.

**) Der natürlichste Einwand gegen diese scheinbar willkürliche Annahme ist der, daß das Auge vor dem Bilde ebenso gut wie vor der Natur „rollen" und demgemäß die einzelnen Objekte

Empfinden überlassene Bestimmung wird eine Distanz ergeben, welche im allgemeinen zwischen der einfachen und doppelten Länge der größeren Bildrahmenseite liegt.

Da an unserem Apparate das Naturbild bekanntlich durch die Stangen des Rechteckes umrahmt wird, so gilt das Rechteck selbst als Bild, und man hat mit dem Diopter nur einen Punkt zu bestimmen, von dem aus man das Rechteck bequem überblickt. Die Entfernung des Diopters vom Rechtecke d. h. die Distanz wird also bei Aufnahme eines Naturbildes*) im allgemeinen zwischen 25 und 50 cm liegen. Kürzer wird man sie bei Aufnahmen von Innenansichten und länger bei Wiedergabe der freien Natur annehmen. — Will man eine Aufnahme aus sehr langer Distanz machen, so erzielt man ein kleineres Rechteck und mithin eine größere Distanz dadurch, daß man den Zeiger auf eine höhere Nummer der Skala einstellt und die Größe des Rechteckes in der bekannten Weise ermittelt.

---

nach einander überblicken können. Vollkommen richtig! — aber nur dann, wenn der Beobachter das Bild nicht aus einer längeren als der demselben zu grunde gelegten Distanz betrachten kann. Ist es jedoch dem Beschauer unbenommen, zurückzutreten und das Bild aus einer längeren Distanz zu betrachten, so überblickt er, was ihm in der Natur noch nicht begegnet ist, einen unnatürlich großen Sehkegel mit all' seinen befremdenden perspektivischen Verzerrungen — und der Eindruck des Unnatürlichen, Unmöglichen oder Unrichtigen ist gegeben.

*) Andere Grundsätze gelten bei Einstellung auf Lebensgröße, Reproduktionen von Bildern 2c.

## r) Fluchtpunkte.

Eine beliebige Anzahl unter sich paralleler gerader Linien faßt man unter der Bezeichnung Strahlenbündel zusammen. Solche Strahlenbündel laufen scheinbar, d. h. so wie es unser Auge wahrnimmt, in einem Punkte zusammen, den man Fluchtpunkt oder Verschwindungspunkt nennt. Die Lage des Fluchtpunktes wird durch den mit dem betreffenden Strahlenbündel parallel laufenden Sehstrahl bestimmt.

Um dies an einem praktischen Beispiele zu erläutern, begeben wir uns in ein rechtwinkelig gebautes Zimmer und nehmen dort so Aufstellung, daß wir den größten Teil desselben überblicken können. Nun haben wir vor uns an Decke, Boden und Wänden eine große Anzahl unter sich paralleler Linien, welche in drei rechtwinkelig zu einander liegenden Richtungen verlaufen. Jeder nach ein und derselben Richtung laufende Komplex bildet einen sogenannten Strahlenbündel. Zwei dieser Strahlenbündel liegen wagrecht, der dritte steht senkrecht. Nun ermitteln wir den Fluchtpunkt erst des einen und dann des anderen wagrechten Strahlenbündels in folgender Weise:

Wir fixieren die Lage des Auges, etwa mittels eines Lineales, das wir an einem Gegenstande des Zimmers befestigen. Die Stelle, an der sich das Auge befinden soll, bezeichnen wir mit einer Visierkerbe. In dieser Visierkerbe befestigen wir einen Faden, welchen

wir parallel*) zu dem betreffenden Strahlenbündel durch das Zimmer spannen und da befestigen, wo er die gegenüberliegende Wand oder einen im Zimmer befindlichen Gegenstand trifft. Bringen wir jetzt das Auge an die Visierkerbe, so stellt der Faden einen zu dem betreffenden Strahlenbündel parallel laufenden Sehstrahl dar, und der Punkt, an dem die Wand oder der Gegenstand von dem Faden bezw. dem Sehstrahle getroffen wird, ist der gesuchte Fluchtpunkt. Um uns hievon zu überzeugen, machen wir diesen Punkt entsprechend kenntlich, nehmen ein zweites Lineal zur Hand, schließen das eine Auge und bringen das andere an die Visierkerbe, halten das Lineal so, daß eine Kante desselben sich teilweise mit irgend einer Linie des Strahlenbündels deckt und teilweise die Verlängerung derselben bildet — und finden, daß die betreffende Linie in ihrer Verlängerung thatsächlich nach dem durch unseren Faden vorausbestimmten Fluchtpunkte läuft**).

Haben wir nun die Überzeugung gewonnen, daß nicht nur eine, sondern alle Linien des ersten Strahlen-

*) Vollkommen parallel ist der Faden dann, wenn er sich in stets gleicher Erhebung über dem Boden und in stets gleichem Abstande von der nächstgelegenen Wand befindet.

**) Sollte dieses Experiment nicht recht gelingen wollen, so nimmt man ein mindestens 50 cm langes Lineal und hält dieses so, daß es mit dem Ende der einen Kante, ungefähr 30 cm von der Visierkerbe, den Faden berührt. Bringt man dann das Auge an die Visierkerbe und dreht das Lineal langsam um den Punkt, an dem es den Faden berührt, so wird man finden, daß sich die betreffende Kante des Lineales der Reihe nach auf alle Linien des Strahlenbündels eindeckt.

bündels nach dem einen gemeinschaftlichen Fluchtpunkte laufen, so befestigen wir einen zweiten Faden an der Visierkerbe, spannen denselben parallel zu dem zweiten wagrechten Strahlenbündel durch das Zimmer, befestigen ihn an der gegenüberliegenden Wand oder an dem Gegenstande, den er trifft, bringen das Auge wiederum an die Visierkerbe und bedienen uns in derselben Weise eines Lineales, um uns zu überzeugen, daß alle Linien dieses zweiten Strahlenbündels nach diesem zweiten gemeinschaftlichen Fluchtpunkte laufen.

Um den Fluchtpunkt des senkrechten Strahlenbündels zu bestimmen, versehen wir einen dritten Faden mit einem Senkel und befestigen ihn so an der Visierkerbe, daß die Spitze des Senkbleies den Boden berührt. Da der Faden nunmehr parallel zu dem senkrechten Strahlenbündel verläuft, so ist der Punkt, in dem der Senkel den Boden berührt, der gesuchte Fluchtpunkt, und wir können uns, während wir das Auge an die Visierkerbe bringen, mit Hilfe des Lineales überzeugen, daß thatsächlich die Verlängerungen aller senkrechten Linien in diesem dritten Fluchtpunkte zusammenlaufen*).

*) Den Fluchtpunkt des senkrechten Strahlenbündels hätten wir ebenso gut dadurch finden können, daß wir den Faden senkrecht nach aufwärts (statt nach abwärts), also gegen die Decke gespannt hätten. Ebenso würde sich für jeden der beiden horizontalen Strahlenbündel ein zweiter Fluchtpunkt dadurch ergeben, daß man die an der Visierkerbe befestigten Fäden in genau der entgegengesetzten Richtung verlängert hätte. Da ferner jeder der beiden Fäden dem Auge absolut verkürzt d. h. als Punkt erscheint und sich vollkommen mit dem Fluchtpunkte deckt, so kann man jeden Punkt des Fadens bezw. den Faden oder Sehstrahl selbst als Fluchtpunkt betrachten.

Solange sich die Lage des Auges nicht ändert, können natürlich auch die Fluchtpunkte ihre Lage nicht ändern. Errichten wir daher in der bekannten Weise eine Glastafel*) vor unserem an der Visierkerbe befindlichen Auge, so werden die Fluchtpunkte des auf der Glastafel sichtbaren Naturbildes da liegen, wo die (event. als erweitert gedachte) Glastafel von den Fäden getroffen wird. Auf diese Weise ist es möglich, sich einerseits klar zu veranschaulichen, wie die Fluchtpunkte des Bildes entstehen, und andererseits in den Zusammenhang der wichtigsten Sätze einzudringen, welche wir kurz zusammenfassen, wie folgt:

1. Die Fluchtpunkte der horizontal verlaufenden Strahlenbündel liegen im Horizonte.

2. Strahlenbündel, die mit der Bildfläche parallel laufen, haben keinen Fluchtpunkt und müssen deshalb parallel dargestellt werden. Daher haben die senkrecht stehenden Strahlenbündel, falls auch die Bildfläche senkrecht steht, niemals einen Fluchtpunkt. — Ist indessen die Bildfläche nach vorne übergeneigt, so trifft der senkrechte Sehstrahl die (erweitert gedachte) Bildfläche oben; es entsteht ein Fluchtpunkt, und die in der Natur senkrecht stehenden Linien neigen sich im Bilde nach

---

*) Will man sich einer wirklichen, nicht einer gedachten Glastafel bedienen, so ist die Aufstellung derselben wegen der Fäden beschränkt. Es wird sich daher empfehlen, entweder die Fluchtpunkte selbst entsprechend zu kennzeichnen und die Fäden zu entfernen oder sich mit der Untersuchung nur einzelner Fälle zu begnügen, oder an Stelle der Glastafel einen viereckigen Rahmen, ähnlich wie unser Rechteck, zu benutzen.

oben zusammen. Ist die Bildfläche oben nach rückwärts geneigt, so taucht der Fluchtpunkt unten auf, und die in der Natur senkrecht stehenden Linien neigen sich im Bilde nach abwärts gegen einander. — Für unseren Apparat ergiebt sich hieraus die Regel, daß das Rechteck, falls derartige Verjüngungen vermieden werden sollen, eine senkrechte Lage erhalten muß.

3. Die Fluchtpunkte zweier rechtwinkelig zu einander gelagerten Strahlenbündel liegen unter einem rechten Winkel zum Auge und überdies stets in entgegengesetzter Richtung zum Augenpunkte.

4. Liegt der eine Strahlenbündel eines rechtwinkeligen Systems senkrecht zur Bildfläche, so fällt der zugehörige Fluchtpunkt mit dem Augenpunkte zusammen, und der andere zur Bildfläche parallele Strahlenbündel muß (vergl. 2) auch im Bilde parallel dargestellt werden. (Gerade Ansicht!)

5. Trägt man die Distanz d (vgl. Fig. 90) rechts und links vom Augenpunkte A aus auf dem Horizonte ab, so erhält man die Distanzpunkte $D_1$ $D_2$. Liegt nun der eine Fluchtpunkt eines rechtwinkeligen Systems auf dem einen Distanzpunkte, so liegt der andere in dem anderen Distanzpunkte. (Übereck-Ansicht!)

6. Je größer die Distanz wird, desto mehr entfernen sich die auf dem Horizonte liegenden Fluchtpunkte, und umgekehrt: je kleiner die Distanz wird, desto näher rücken die auf dem Horizonte liegenden Fluchtpunkte an einander. Überschreitet diese gegenseitige Annäherung gewisse Grenzen, d. h. wird die Distanz zu kurz, so ergiebt sich eine neue Art perspektivischer Verzerrung. D. h. auch

die gegenseitige Entfernung der Fluchtpunkte ist von der Größe der Distanz abhängig. Diese gegenseitige Abhängigkeit besteht indessen nicht im allgemeinen, sondern in ganz bestimmten Beziehungen: Bezeichnen wir nämlich in Fig. 90 die Fluchtpunkte mit $F_1$ und $F_2$, die Distanz mit d, die Entfernung des einen Fluchtpunktes mit a und die des andern mit b, so besteht folgende Regel:

$$
\begin{array}{rlrl}
\text{Ist } a = & 1\ d, & \text{so ist } b = & 1\ d \\
& \frac{1}{2}\ d & & 2\ d \\
& \frac{1}{3}\ d & & 3\ d \\
& \frac{1}{4}\ d & & 4\ d \\
& \frac{1}{5}\ d & & 5\ d \\
& \frac{1}{6}\ d & & 6\ d \\
& \frac{1}{7}\ d & & 7\ d \\
& \vdots & & \vdots \\
& \frac{1}{1000}\ d & & 1000\ d \\
& \frac{2}{3}\ d & & \frac{3}{2}\ d \\
& \frac{4}{7}\ d & & \frac{7}{4}\ d \\
& \frac{5}{12}\ d & & \frac{12}{5}\ d \quad \text{u. s. f.}
\end{array}
$$

D. h. liegt der eine Fluchtpunkt um die halbe Länge der Distanz links vom Augenpunkte, so liegt der andere

um die doppelte Länge der Distanz rechts vom Augenpunkte. (Vgl. die zweite Reihe) u. s. w.

Da man in der zweiten, dritten, vierten . . . 2c. Reihe dieser Tabelle statt 2 d, 3 d, 4 d, . . . 2c. ebenso gut $\frac{2}{1}$ d, $\frac{3}{1}$ d, $\frac{4}{1}$ d . . . 2c. schreiben könnte, so heißt die Regel: Drückt man die Entfernungen der Fluchtpunkte vom Augenpunkte als Teil oder Vielfaches der Distanz aus, und stellt man die eine Entfernung durch einen Bruch dar, so findet man die andere Entfernung dadurch, daß man diesen Bruch umstürzt.

Diagonalpunkt, unbestimmter und bestimmter Teilpnnkt sind Verschwindungspunkte von Strahlenbündeln, die zur Lösung von Konstruktionsaufgaben verwendet werden.

### s) Die Verlegung des Augenpunktes.

Der Augenpunkt ist derjenige Punkt des Bildes, welcher dem Auge des Beschauers genau gegenüber liegen soll. Als solcher ist er der Mittelpunkt des Bildhorizontes und der Ausgangspunkt für alle perspektivischen Konstruktionen. Niemals ist er an und für sich Fluchtpunkt, wohl aber kann sich ein Fluchtpunkt mit ihm decken. Ist letzteres der Fall, d. h. liegt der eine Fluchtpunkt im Augenpunkte, so stellt sich der zugehörige Strahlenbündel eines rechtwinkeligen Systems parallel im Bilde dar. Diese Darstellungsweise, welche — augenscheinlich wegen der damit verbundenen Bequemlichkeiten der Konstruktion — eine unverhältnismäßig

häufige Anwendung gefunden hat, nennt man „Gerade Ansicht". Um jedoch einige Abwechselung in die „gerade Ansicht" zu bringen, „verlegt man den Augenpunkt" nach links oder rechts. Dieses Verlegen ist allerdings nicht von Übel, so lange es sich um ganz geringe Abweichungen handelt; wird aber der Augenpunkt von der Mitte halb oder (wie es auch vorkommt) ganz an den linken oder rechten Rand des Bildes verdrängt, so stellen sich die unangenehmsten perspektivischen Verzerrungen ein. Kein Gegenstand wirkt rechtwinkelig, alles ist schief und unwahr. Je kürzer die Distanz ist, desto verhängnißvoller werden die Verzerrungen.

Die „Verlegung des Augenpunktes" ist also unstatthaft, weil unnatürlich. Liegt ein Fluchtpunkt etwas links oder rechts vom Mittelpunkte des Bildhorizontes oder — was dasselbe ist — vom Augenpunkte, so taucht bereits ein zweiter Fluchtpunkt auf, dessen Abstand vom Augenpunkte nach den im vorigen Abschnitte erörterten Regeln direkt ermittelt werden kann. Läge z. B. der eine Fluchtpunkt nur $^1/_{10}$ der Distanz links vom Augenpunkte, so müßte der andere Fluchtpunkt 10 Distanzen weit rechts vom Augenpunkte liegen und die betreffenden Fluchtlinien würden eine sanfte Neigung nach diesem Punkte des Horizontes erhalten müssen u. s. w.

Für unseren Apparat ergiebt sich hieraus die Regel, daß der Diopter bei Naturaufnahmen und zwar gleichviel, ob es sich um „gerade" oder „beliebige" Ansicht handelt, stets der senkrechten Mittellinie des eingestellten Rechteckes gegenüber liegen soll.

### t) Was versteht man unter Entfernung und wann müssen gleich große Objekte trotz absolut verschiedener Entfernung dennoch gleich groß dargestellt werden?

Der vorliegende Abschnitt beschäftigt sich mit einer Frage, welche in Künstlerkreisen immer wieder mit dem lebhaftesten Interesse erörtert wird.

Haben wir nämlich (vgl. Fig. 91) eine Anzahl gleich großer Objekte, etwa Säulen, vor uns, und befindet sich unser Auge dem Punkte A genau gegenüber, so ist klar, daß die Säule bei A unserem Auge näher liegt, und deshalb größer erscheint als die bei B und C stehenden Säulen, und daß diese hinwiederum größer erscheinen als die bei H und O stehenden. Daraus ergiebt sich aber mit Notwendigkeit, daß KL und MN unserem Auge unmöglich als gerade Linien erscheinen können: Denn, da sie bei der Säule A weiter von einander entfernt sind als bei den Säulen B und C und bei diesen wiederum weiter als bei den Säulen H und O, und da sie auch an keiner Stelle gebrochen sind, so erscheinen sie dem Auge als Kurven (vgl. Fig. 92). Aber auch HO liegt dem Auge näher und erscheint deshalb größer als KL und MN. Hieraus folgt, daß auch die Säulen bei B und C, H und O dem Auge als gebogen erscheinen müssen. Ebenso erscheinen die Abstände AB und AC dem Auge größer als die Abstände BH und CO, weil die ersteren weniger verkürzt sind als die letzteren. Alle diese Umstände in betracht

gezogen, erhalten wir von Fig. 91 das Bild Fig. 92*), an das wir mit Recht die Folgerung knüpfen können: Als gerade erscheinen dem Auge nur diejenigen geraden Linien, welche von der Sehaxe**) getroffen werden; alle übrigen erscheinen dem Auge als krumm. Je weiter dieselben von der Sehaxe entfernt sind, desto stärker ist die Krümmung†).

Trotz dieser Thatsache wäre es verfehlt, eine solche Verjüngung oder Verkrümmung im Bilde darstellen zu wollen. Um das zu veranschaulichen, denken wir uns an Stelle der wirklichen Säulen (Fig. 91) ein lebensgroßes Bild dieser Säulen errichtet. Betrachten wir nun dieses Bild aus der entsprechenden Distanz, so tritt das

---

*) Das Bild Fig. 92 entspricht ungefähr dem Bilde, welches sich auf der Netzhaut des Auges zeigt, wenn man Fig. 91 bezw. HO unter einem Winkel von 60 Grad betrachtet.

**) Die Sehaxe ist die vom Mittelpunkte des Auges durch den Mittelpunkt der Pupille gelegte gerade Linie.

†) Diese Thatsache scheint uns deswegen wenig glaublich, weil wir eigentlich nur einen sehr kleinen Sehkegel mit gleichmäßiger Aufmerksamkeit überblicken können. Beobachtet man indessen die Natur genau und mit einem Auge, so wird man finden, daß jede gerade Linie dem Auge merklich gekrümmt erscheint, sobald man nicht sie selbst, sondern einen abseits gelegenen Punkt scharf fixiert. Besonders auffällig zeigt sich diese Krümmung, wenn eine architektonische Linie (etwa durch ein dazwischen liegendes Fenster) unterbrochen wird. In diesem Falle scheint die Flucht des einen Teiles regelmäßig von der Flucht des anderen Teiles abzuweichen.

alte Verhältniß ein: Die gemalten Säulen erscheinen unserem Auge ebenso verjüngt und verkrümmt, wie vorher die wirklichen. Ersetzen wir das lebensgroße Bild durch ein unter- oder überlebensgroßes Bild, so ändert dies nichts an der Sache: Auch hier erscheinen uns die geraden Linien als Kurven, und es hebt sich sozusagen der eine Fehler gegen den anderen.

Aus dieser Betrachtung ergiebt sich, daß alle gleich großen Objekte, welche in einer zur Bildfläche parallelen Ebene liegen, auch gleich groß dargestellt werden müssen — daß für alle diese Objekte die Entfernung der Ebene maßgebend ist, in der sie liegen — und daß die Entfernung dieser Ebene nur an der vom Auge durch den Augenpunkt gelegten geraden Linie — der sogen. Sehaxe — zu messen ist.

# Anhang.

## 1. Befestigung des Augenglases am Diopter.

Augengläser verhindern im allgemeinen die bequeme Lage des Auges vor dem Diopter. Wer diesen Umstand lästig findet, lasse sich vom Optiker ein Augenglas fassen und mit einem Scharniere rückwärts am Diopter befestigen, wie dies in Fig. 93 veranschaulicht ist.

## 2. Etwas über die Perle.

Bei dunkelen Objekten und wenn das Licht direkt oder seitlich von rückwärts kommt, läßt sich in der Regel die weiße Perle gut verwenden; kommt das Licht direkt oder seitlich von vorne, so sind die transparenten farbigen Perlen vorzuziehen. Für Aufnahmen im Freien ist die rubinrote, für Aufnahmen nach dem lebenden Modell die blaue Perle sehr geeignet. Um die große silhouettenhafte Massenerscheinung der Natur bei nächtlicher Be-

leuchtung auf die Zeichnungsebene zu übertragen, benutzt man eine selbstleuchtende (phosphoreszierende) Perle und eine Blende mit sehr großer Öffnung.

## 3. Etwas über den Gummifaden.

Nur bei vollständiger Spannung des Gummifadens lassen sich die Perlen ohne Mühe auf demselben verschieben. Diesem Umstande sollte man bei der Einstellung der Perle stets Rechnung tragen. Verschiebt man die Perle, während der Gummifaden wenig oder gar nicht gespannt ist, so kann leicht eine Beschädigung oder unnatürliche Verdehnung desselben herbeigeführt werden. — Zwischen Zwinge und Stift sollte eigentlich nur diejenige Perle stehen, mit der man eben zeichnet; die übrigen sollten sich auf den freien Endstücken außerhalb der beiden Klemmpunkte befinden. Ein bemerkenswerter Fehler tritt jedoch auch dann nicht ein, wenn die Perlen innerhalb der beiden Klemmpunkte verbleiben, sofern sie nur im Ruhezustande des Gummifadens nicht unmittelbar aneinder sitzen. — Wärme und Kälte, Temperaturwechsel u. dgl. ändern nichts an der Homogenität des Gummifadens und kommen daher für unsere Zwecke ganz und gar nicht in Betracht: Ein Gummifaden, den man erst in siedendes und dann in eiskaltes Wasser legt, weist in beiden Fällen dieselbe Proportionalität der Dehnung auf. Selbst andauernde trockene Hitze von 100° C. hinterläßt keine Spuren der Veränderung oder Zerstörung. Unbrauchbar ist der Gummifaden nur solange er wirklich gefroren, d. h. mit Eisbildungen überzogen

ist. Sind letztere jedoch abgetaut, so zeigt sich wieder die frühere Elastizität und Gleichartigkeit der Dehnung. Jeder Gummifaden wird, bevor er in den Handel kommt, an einer eigens hiezu konstruirten Maschine auf die Proportionalität seiner Dehnung geprüft.

## 4. Wie bringt man die Perle an den Gummifaden?

Man führt (vgl. Fig. 94) einen sehr dünnen, aber starken Faden f doppelt durch die Perle, so daß sich auf der einen Seite eine Schlinge bildet. Auf der entgegengesetzten Seite befestigt man den Faden etwa an einen Nagel. Dann spitzt man (wenn dies noch nicht der Fall sein sollte) den Gummifaden g in der Weise zu, daß man ihn mit einem scharfen Instrumente der Länge nach schräg durchspaltet. Diese Spitze führt man in die Fadenschlinge, biegt sie um und faßt sie gleichzeitig mit dem Gummifaden. Zieht man jetzt die so gebildete Gummischlinge kräftig an, so kann man die Perle ohne Mühe von der Fadenschlinge auf die Gummischlinge und von dieser auf den Gummifaden überführen.

## 5. Wie zeichnet man mit dem Pinsel?

Will man an Stelle des Stiftes einen Pinsel zum Aufzeichnen benützen, so befestigt man den Gummifaden mittels eines gewöhnlichen Fadens am Pinselschafte, wie es Fig. 95 veranschaulicht.

## 6. Etwas über die Staffelei.

Als Feldstaffeleien sind diejenigen am besten geeignet, welche mit einer Stellstange s (Fig. 96) versehen sind. Eine solche Stellstange an einer gewöhnlichen Staffelei angebracht, ermöglicht sowohl die senkrechte als auch beliebig schiefe Stellung des Blendrahmens. Als Atelierstaffeleien sind die senkrecht stehenden vorzuziehen. Behufs Einstellung des Apparates auf Breitenformat sind indessen nur diejenigen verwendbar, welche so breit sind, daß sich oberhalb des Blendrahmens durch das eine freie Feld ein genügender Ausblick auf das Naturbild eröffnet. — Feld- und Atelierstaffeleien, die allen nur möglichen Anforderungen entsprechen und an Solidität und Einfachkeit der Konstruktion den im Gebrauche befindlichen nicht nachstehen, sind aus der Hauptniederlage in München zu beziehen.

## 7. Der Präzisionszeichner.

Handelt es sich um eine außerordentliche Genauigkeit der Zeichnung, so benutzt man den Präzisionszeichner. Die Bestandteile desselben sind in Fig. 97, 98 und 99 dargestellt. Die am Ähnlichkeitspunkte O befindliche Trommel T dient zur Aufnahme zweier Gummifäden und läuft zwischen zwei Nadelspitzen. Die eine Nadel steht auf dem unteren Arme der Gabel G, die andere befindet sich an der Nadelschraube N, durch welche das Einsetzen und Auslösen der Trommel und die geeignete Spannung der Nadeln ermöglicht wird. Die Gabel wird an Stelle der Zwingplatte (jedoch in

entgegengesetzter Richtung) auf die Zwingscheibe oder Zwinge geschraubt. — Die drehbare Hülse des Stiftes P gleicht vollkommen der Trommel T und dient ebenfalls zur Aufnahme zweier Gummifäden. — Die Stelle der Perle vertritt entweder die Metallspitze (Fig. 98) oder das Fadenkreuz (Fig. 99).

Bei der Zusammensetzung und Einstellung des Präzisionszeichners verfährt man folgendermaßen: Soll eine Vergrößerung ausgeführt werden, so schraubt man die Gabel auf die Zwingscheibe*) — handelt es sich um eine Naturaufnahme, so schraubt man sie auf die Zwinge des Apparates. — Nun nimmt man die Trommel aus der Gabel, schiebt den Ring zurück, führt zwei gleich lange und gleich dicke Gummifäden (am besten von ein und demselben Faden) von außen her durch die Löcher der Federn, schließt die Federn, bringt die Trommel wieder in die Gabel zurück und zieht die Nadelschraube leicht an. — Dann führt man die entgegengesetzten Enden der Gummifäden ebenfalls von außen her in die Durchbohrungen der Federn des Stiftes, schließt diese jedoch erst dann, wenn beide Gummifäden gleich lang sind, d. h. wenn die Queraxen der Zwinge und des Stiftes (xx und $x_1 x_1$ in Fig. 98 u. 99) parallel zu einander und senkrecht zur Richtung der Gummifäden stehen. Mit großem Vorteile kann man sich hiebei des Stifthalters bedienen. — Um die Metallspitze oder das Fadenkreuz einzusetzen, bringt man den Stift in den Stifthalter. Dann biegt man die Öhren rr

*) Hiebei kommt das bereits auf Seite 58 besprochene Polster als Unterlage zur Verwendung.

(Fig. 98 u. 99) etwas auf und befestigt sie so an den Gummifäden, daß die (gedachte) Linie r r senkrecht zur Richtung OP steht. — Das Fadenkreuz (Fig. 99) wird durch einen dünnen Faden gebildet, den man diagonal über das quadratische Rähmchen spannt und an den seitlichen Lappen l befestigt. Farbe und Stärke dieses Fadens wählt man je nach Umständen. Zu sehr feinen Arbeiten benutzt man ein Haar oder eine Faser eines gespaltenen Seidenfadens.

Der Präzisionszeichner ist die denkbar vollkommenste Darstellung der mathematischen Grundidee: Der Ähnlichkeitsstrahl ist die (gedachte) Linie OP (Fig. 98 u. 99). Der Führungspunkt ist das feinste, was mit dem unbewaffneten menschlichen Auge verfolgt werden kann — der Schnittpunkt zweier Haare oder die Spitze eines Dreieckes. Die proportionale Dehnung beginnt im Punkte O und endigt im Punkte P.

## 8. Die Albrecht Dürer-Tafel.

Bestimmt man die Lage des Auges vor einer feststehenden Glastafel, so kann man die Umrisse eines feststehenden Naturbildes auf der Glastafel nachzeichnen. Diese Idee stößt nur auf die kleine technische Schwierigkeit, daß das Glas sehr wenige zeichnerische Mittel z. B. Tusche, Ölfarbe ꝛc. und auch diese nur sehr unvollkommen annimmt. Übergießt man jedoch die Glastafel mit einer Lösung Gummi arabicum, so kann man, sobald sie gut getrocknet ist, auch das üblichste Material, nämlich Blei, zum Aufzeichnen des Naturbildes verwenden. Von der Glastafel überträgt man dann die

Zeichnung auf Paußpapier, vom Paußpier auf die Zeichnungsebene. — An dieses Verfahren hat man den Namen Albrecht Dürer geknüpft. — Bestimmen wir vor einer präparirten Glastafel die Lage des Auges mit der vom Apparate getrennten Visiervorrichtung (siehe Abschnitt i Fig. 62), so haben wir die beste und vollkommenste Albrecht Dürer-Tafel.

## 9. Variationen des Apparates.

Der Gummifaden kann auch durch einen Pantographen ersetzt werden. Die Form des letzteren ist in Fig. 100 veranschaulicht. — Säule und Distanzarm werden auf Wunsch so konstruiert, daß sie tubusartig in einander geschoben werden können. Die Skala ist in diesem Falle in umgekehrter Anordnung verzeichnet und darf nur bis zum Teilstriche der jeweiligen Einstellungsnummer aus dem unteren Teile der Säule herausgezogen werden. Die Gesamtlänge des zusammengelegten Apparates beträgt dann 33 Centimeter. — Für Landschaftsaufnahmen und ähnliche Zwecke wird der Apparat auf Wunsch in einem kleineren Formate **Nr.** 2 und in einem kleinsten Formate **Nr.** 3 angefertigt. Nr. 2 hat 33 cm und Nr. 3 nur 25 cm Gesamtlänge. Zusammenlegbar konstruiert mißt Nr. 2 in der ganzen Länge 22 cm und Nr. 3 nur 16 cm. Die Größe der erzielbaren Bildformate beträgt selbst bei dem kleinsten Apparate immer noch 45 × 60 cm.

Alle Ersatzteile, Zeichnungsmaterialien, Staffeleien, einschlägige Neuheiten u. s. w. sind zu beziehen aus der

# Hauptniederlage
## Jos. Bayerle
### Malutensilienhandlung
## München
### Akademiestraße 11.



Bei Bestellung eines etwa verloren gegangenen Teiles genügt es, die Nummer nach der auf Seite 72 befindlichen Tabelle anzugeben.

## Berichtigungen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Seite | 13 | Zeile | 28 | — die durch die Richtung der Ähnlichkeitsnormalen, |
| „ | 37 | „ | 16 | — infolge des Entfernungsunterschiedes, |
| „ | 65 | „ | 18 | — durch welches, |
| „ | 67 | „ | 25 | — von der Rechteckstange, |
| „ | 75 | „ | 9 | — dessen Größe hier beispielsweise 44 × 43 cm. |

Fig. 1.

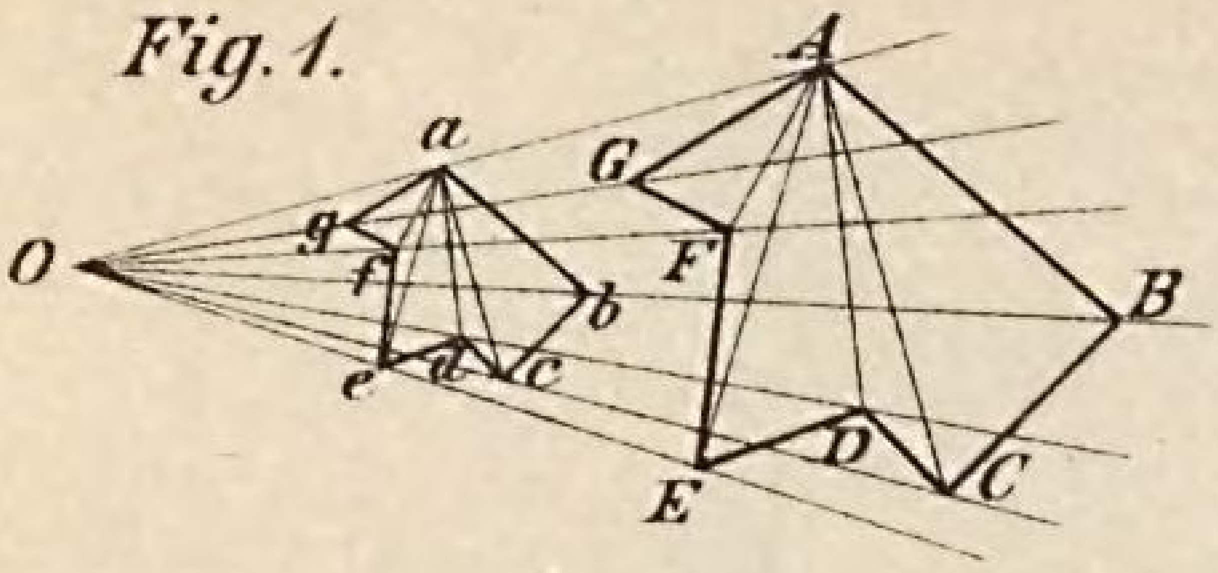



Fig. 2.

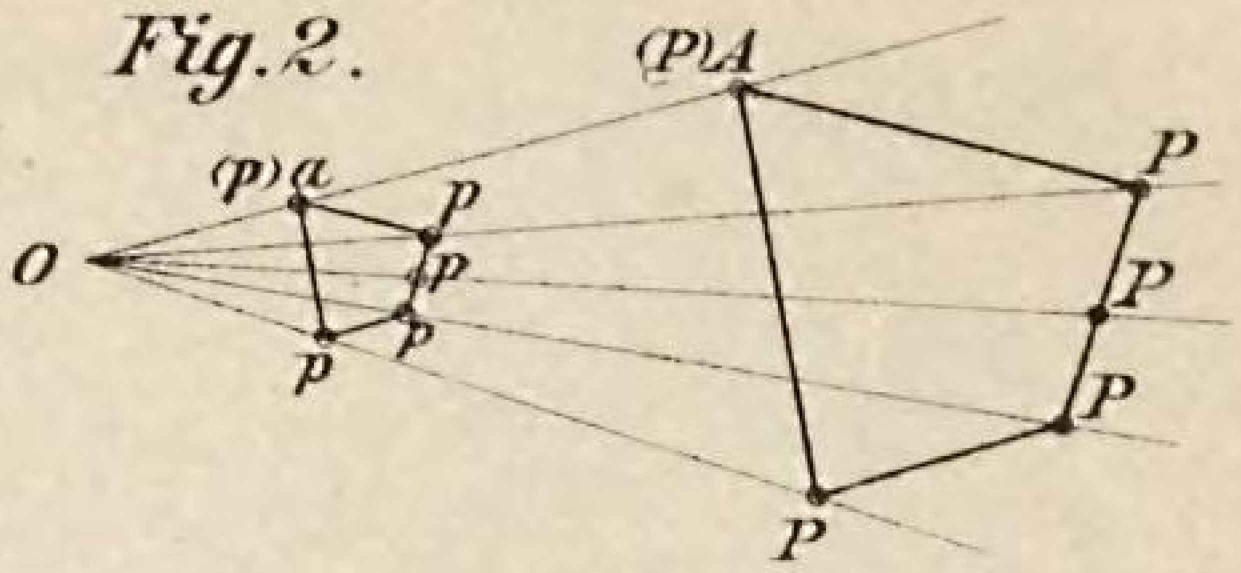



Fig. 3.

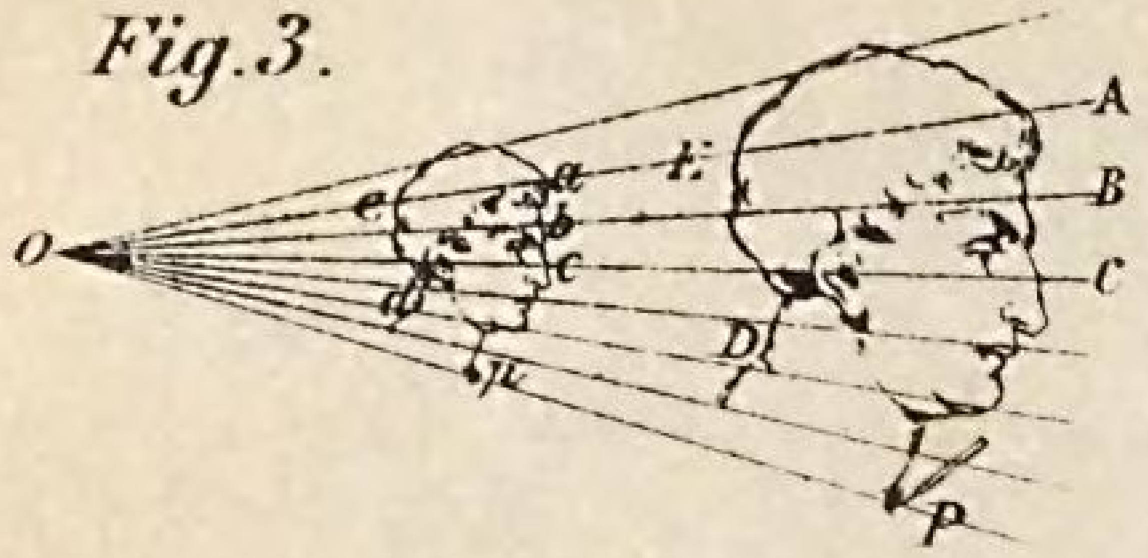



Fig. 4.

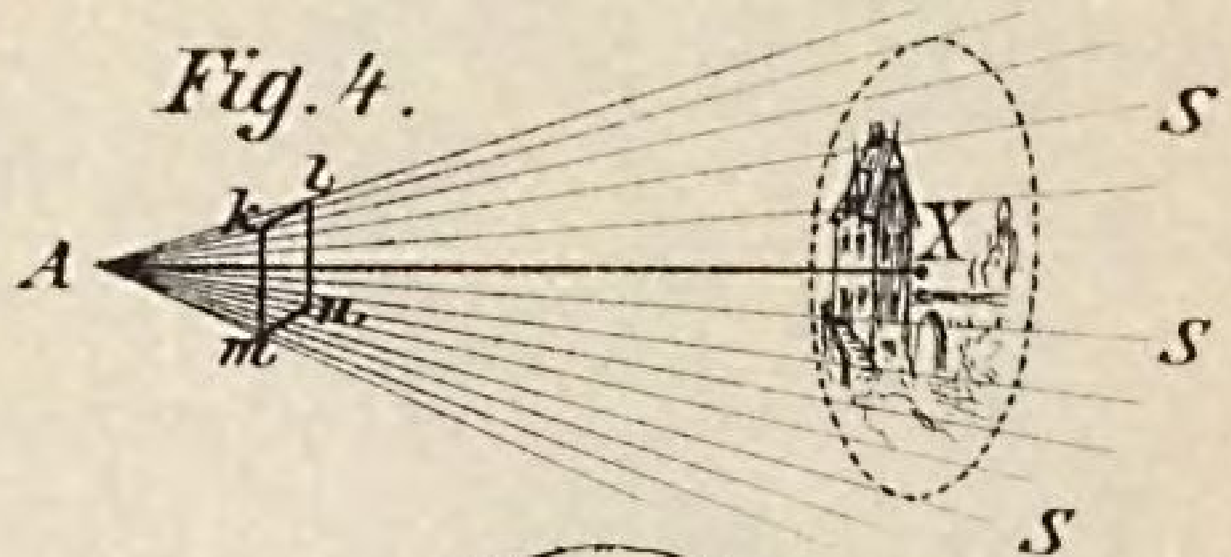



Fig. 5.

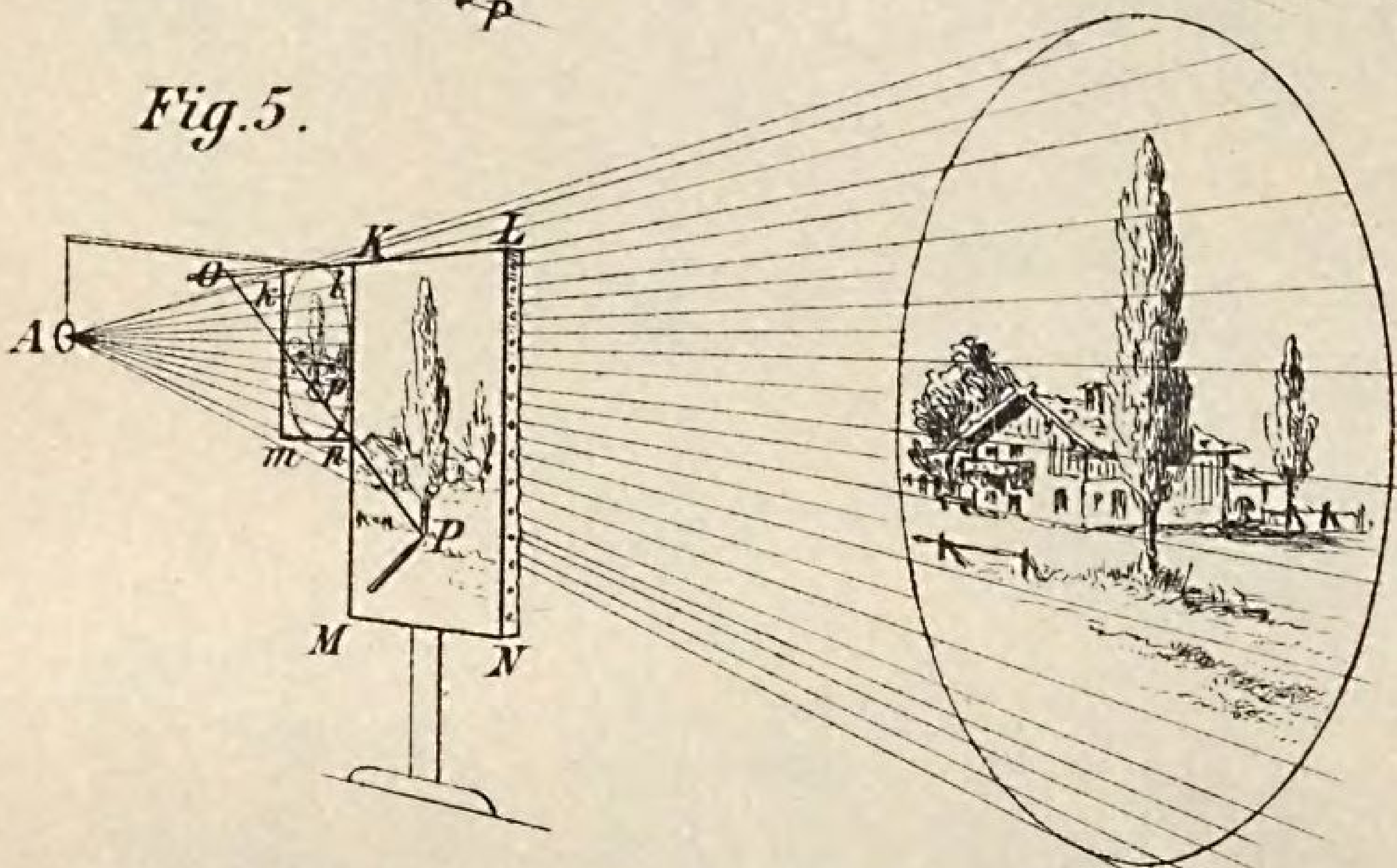



Fig. 6a.

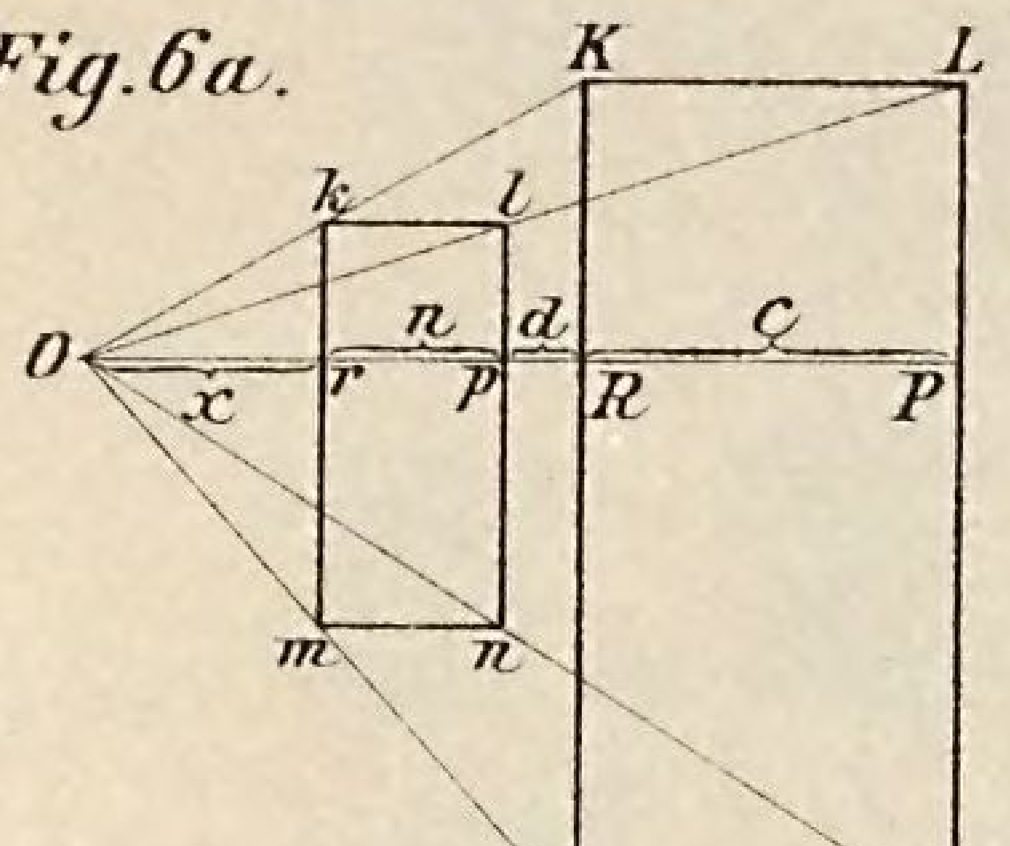



Fig. 6b.

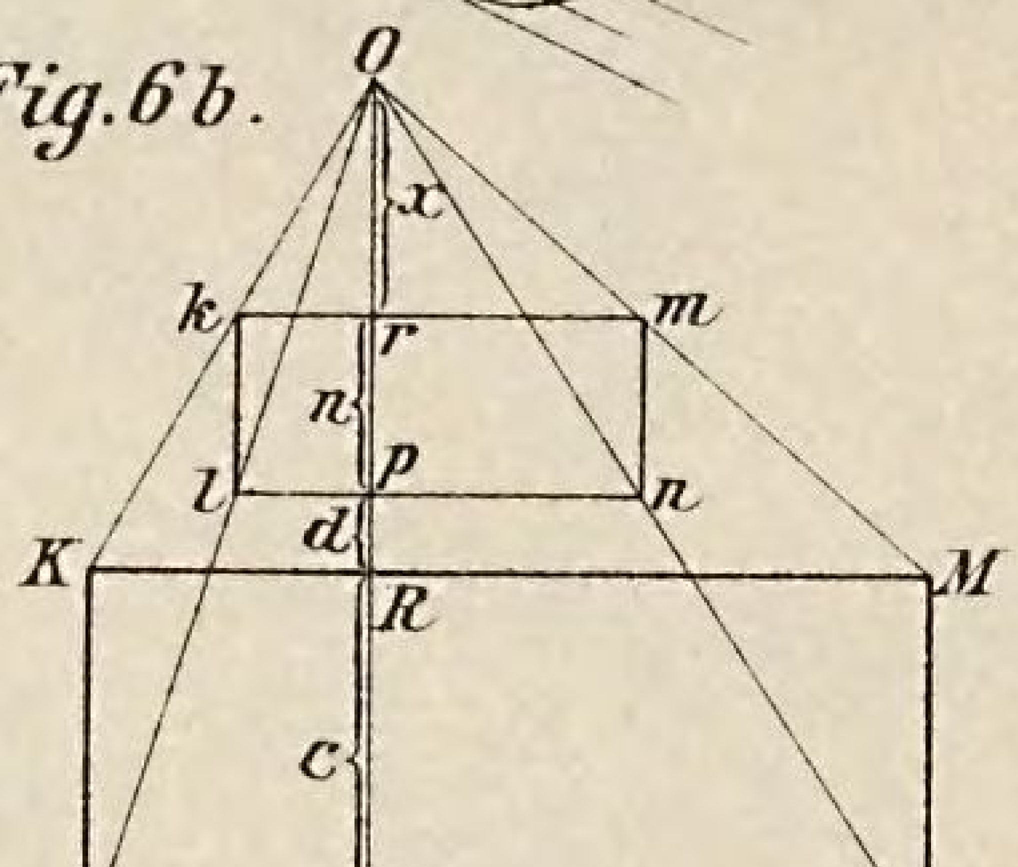



Fig. 7.

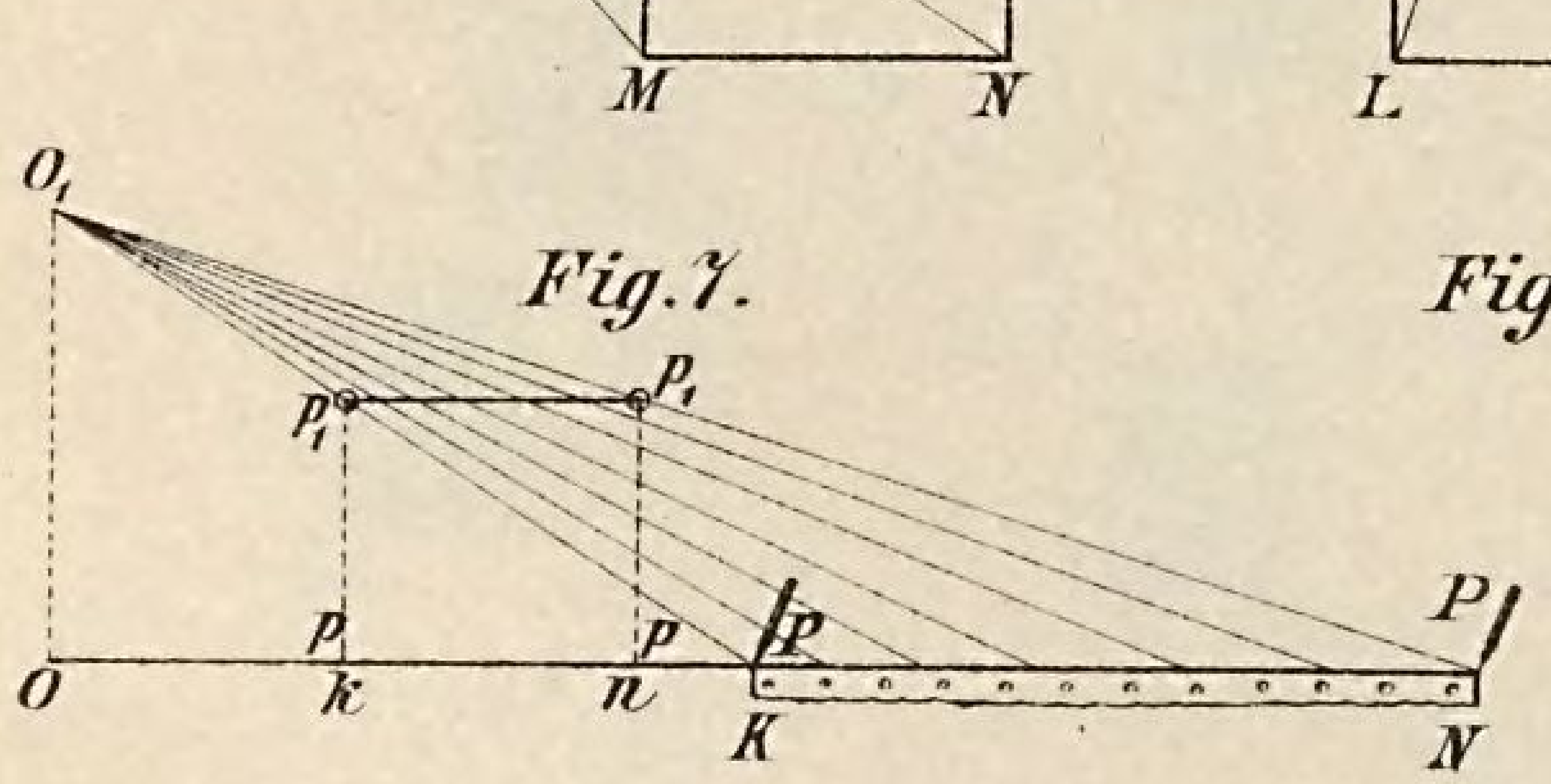
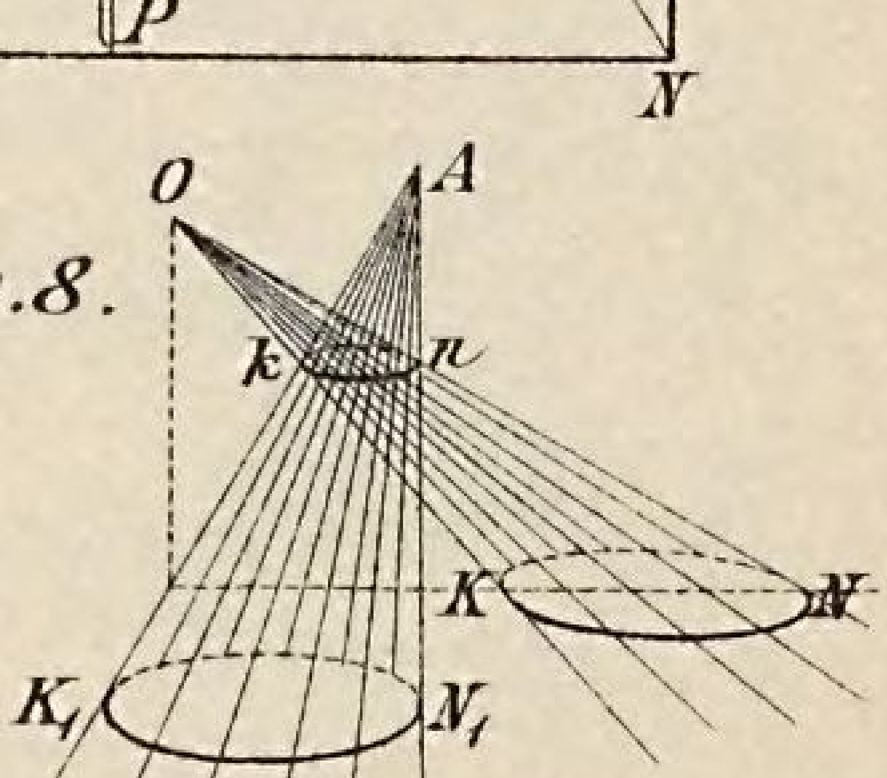
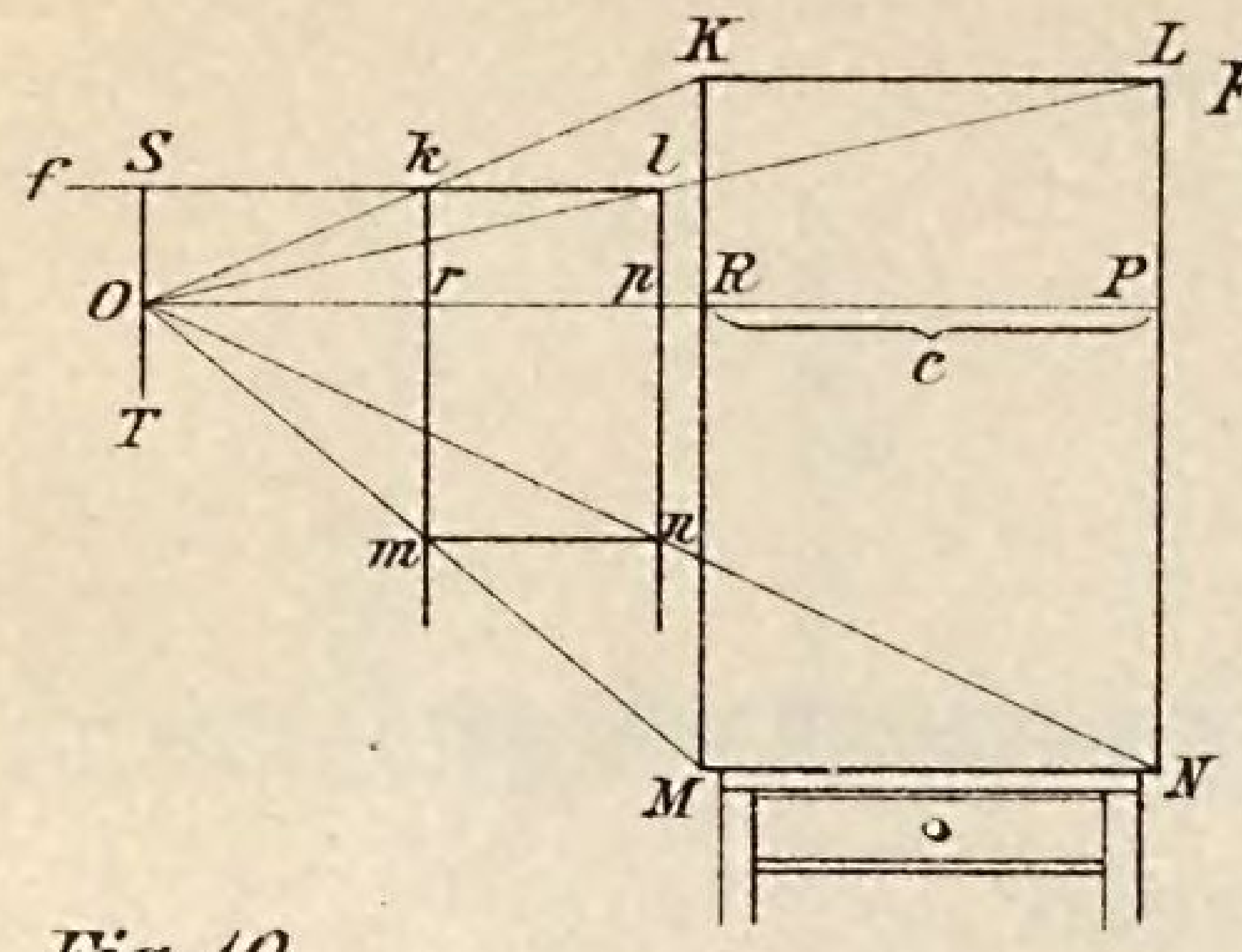



Fig. 8.




Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Taf. II.



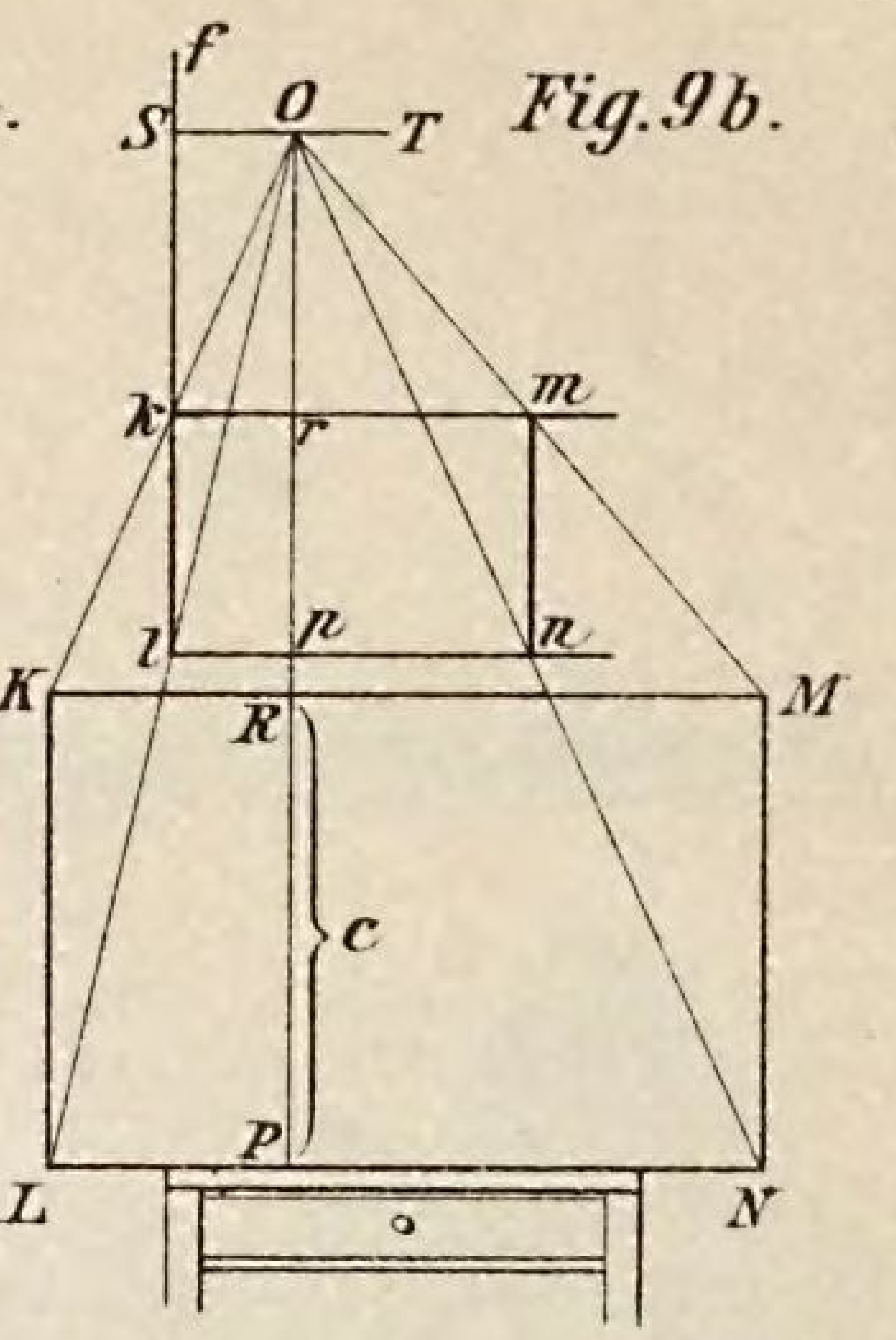




Fig. 10.

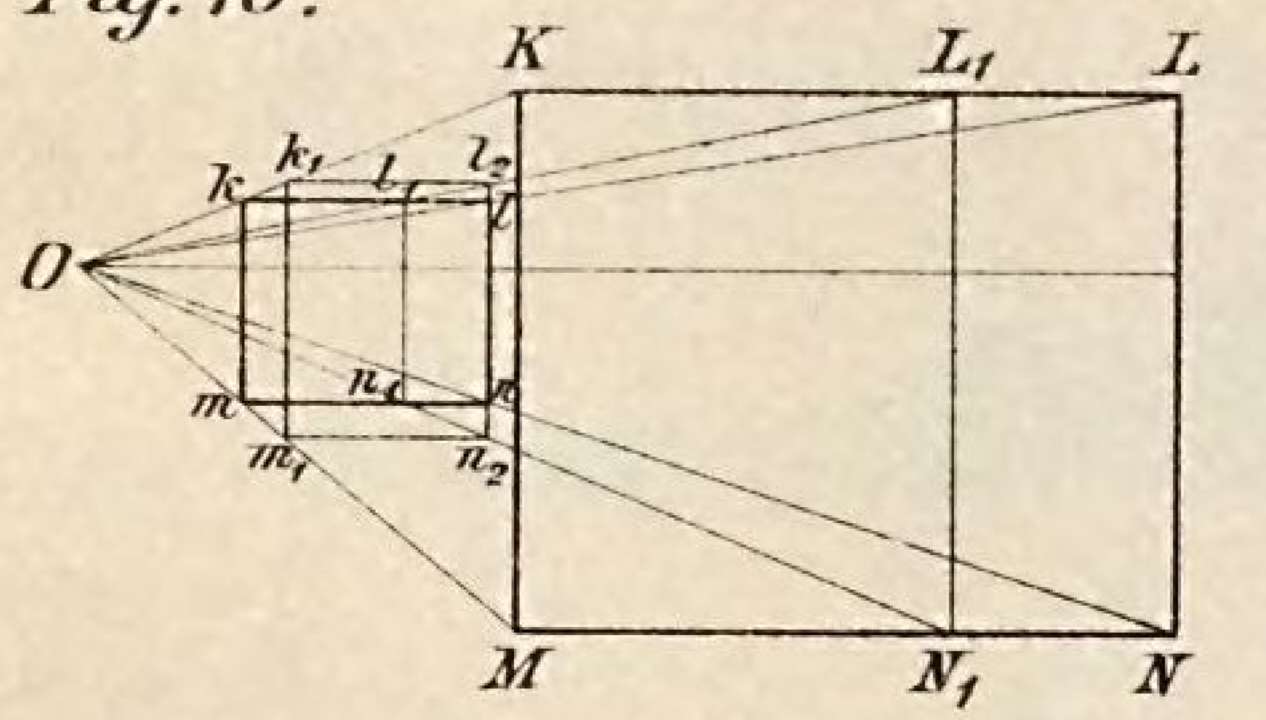


Fig. 12.

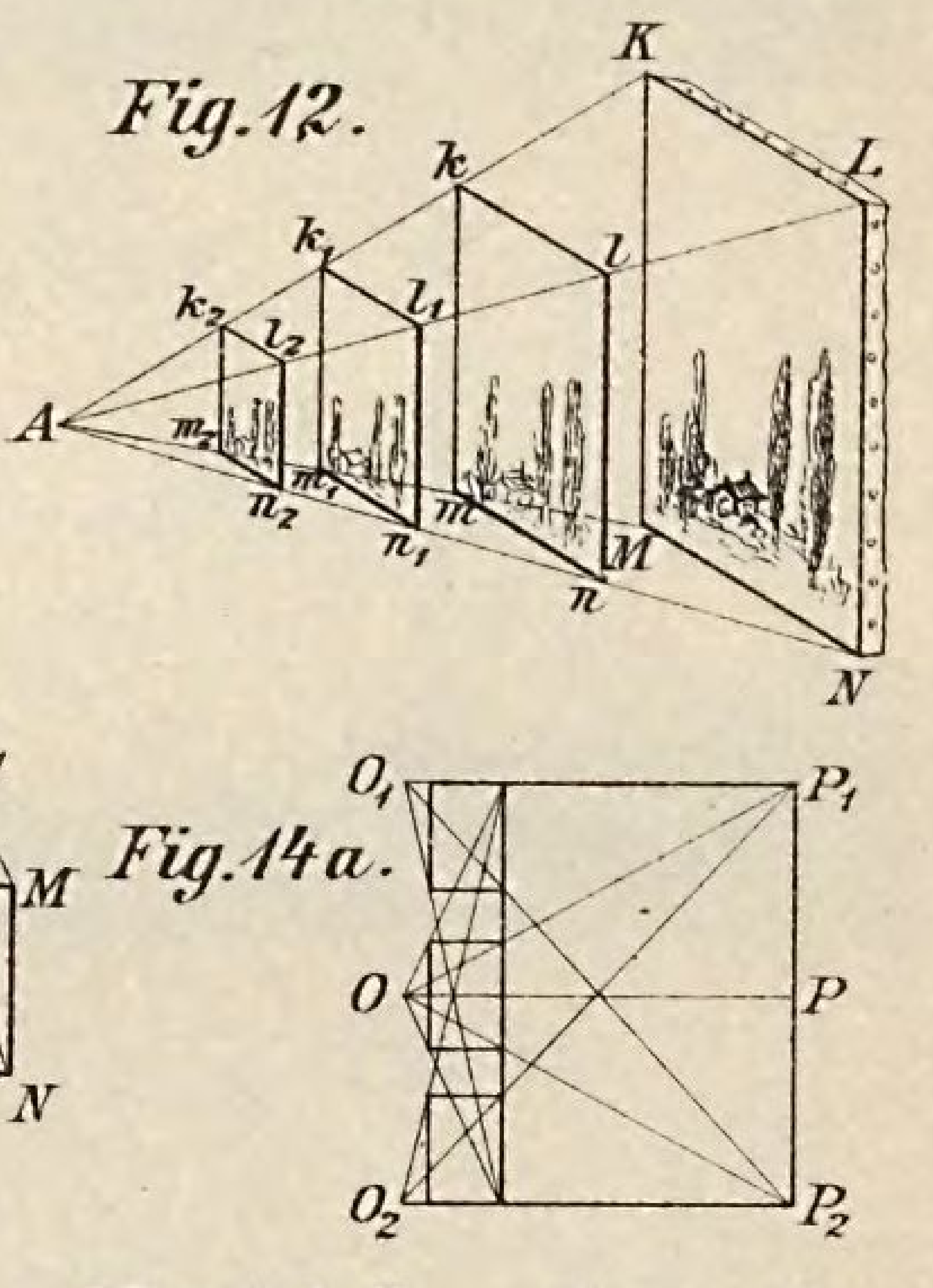


Fig. 11a.

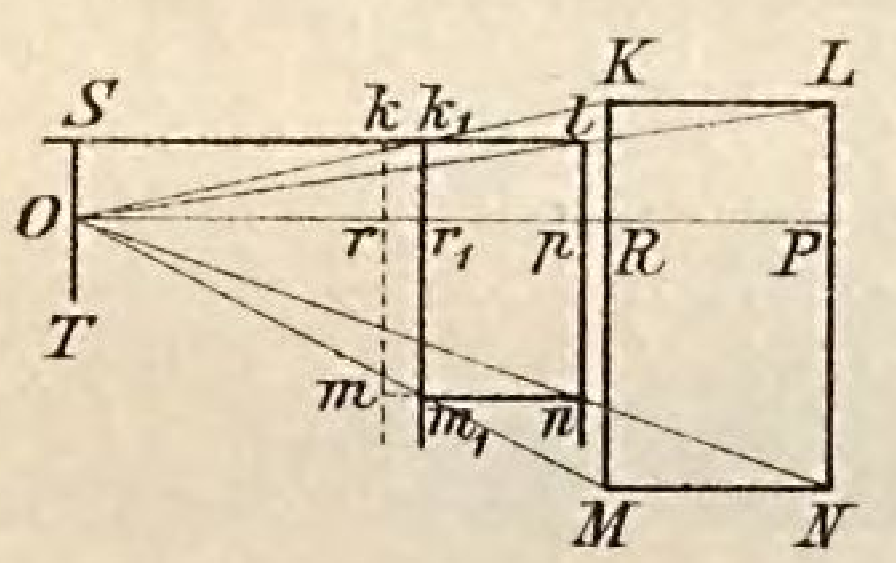


Fig. 11b.

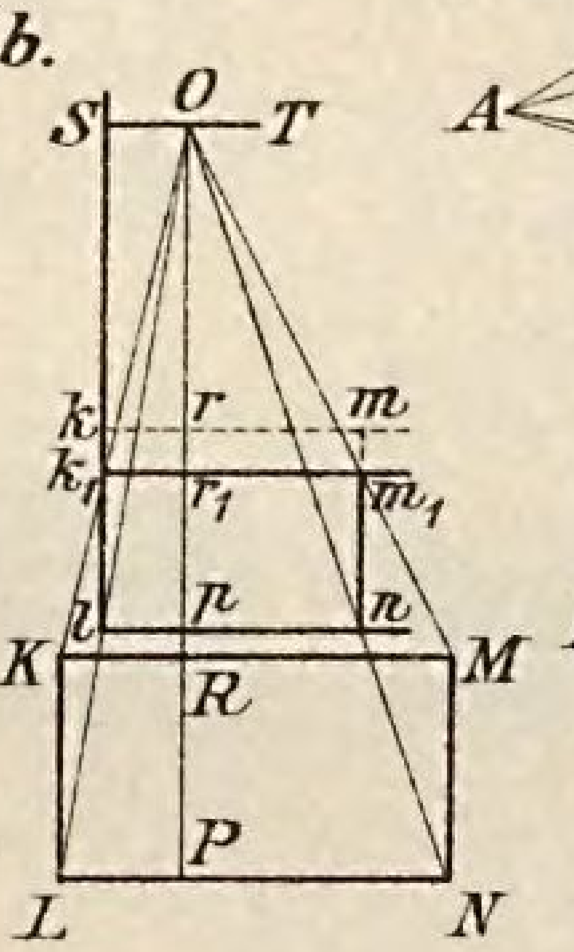


Fig. 14a.

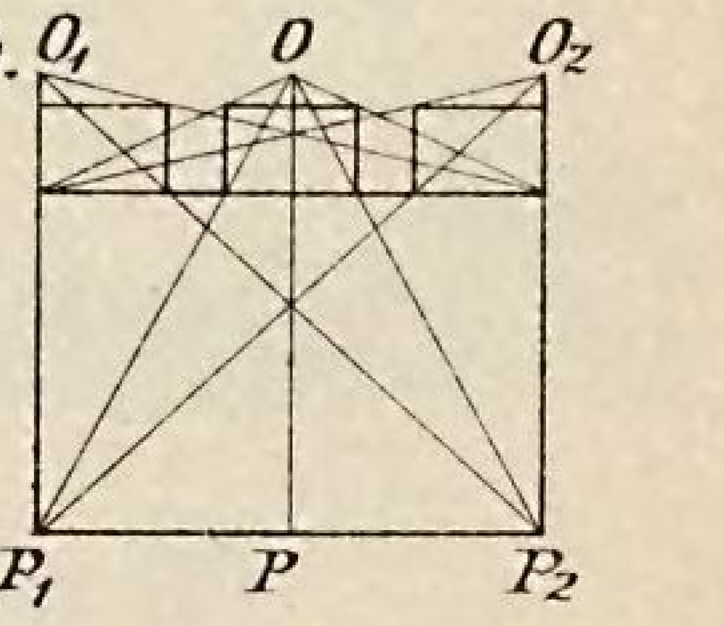


Fig. 13.

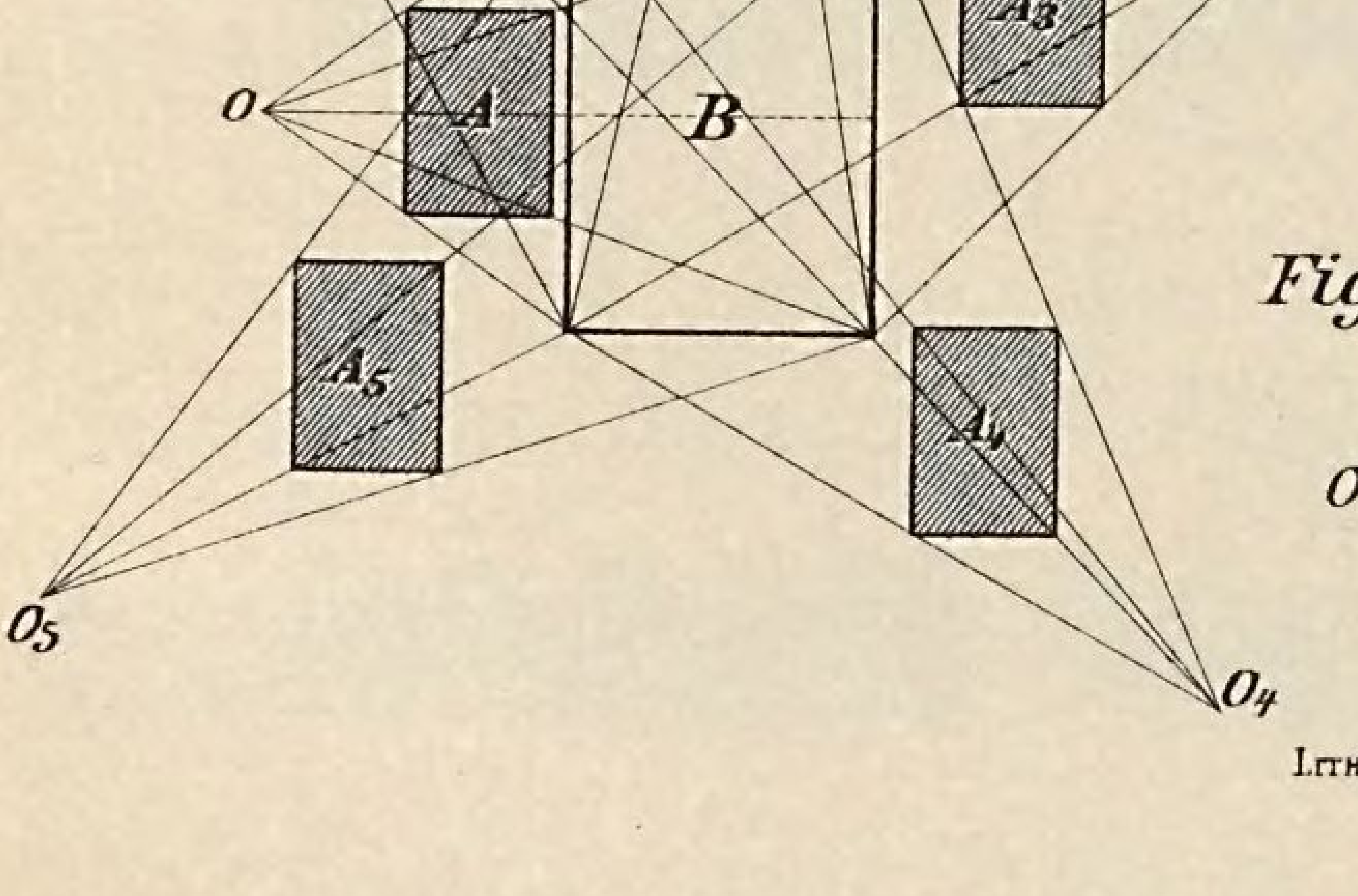


Fig. 14b.

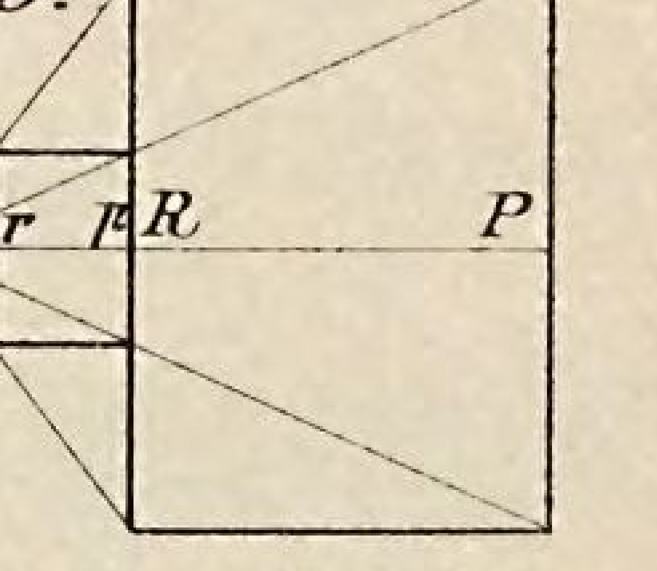
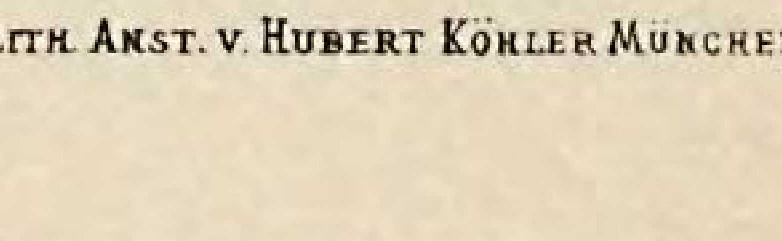


Fig. 15.



Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Taf. III.

Fig. 16.

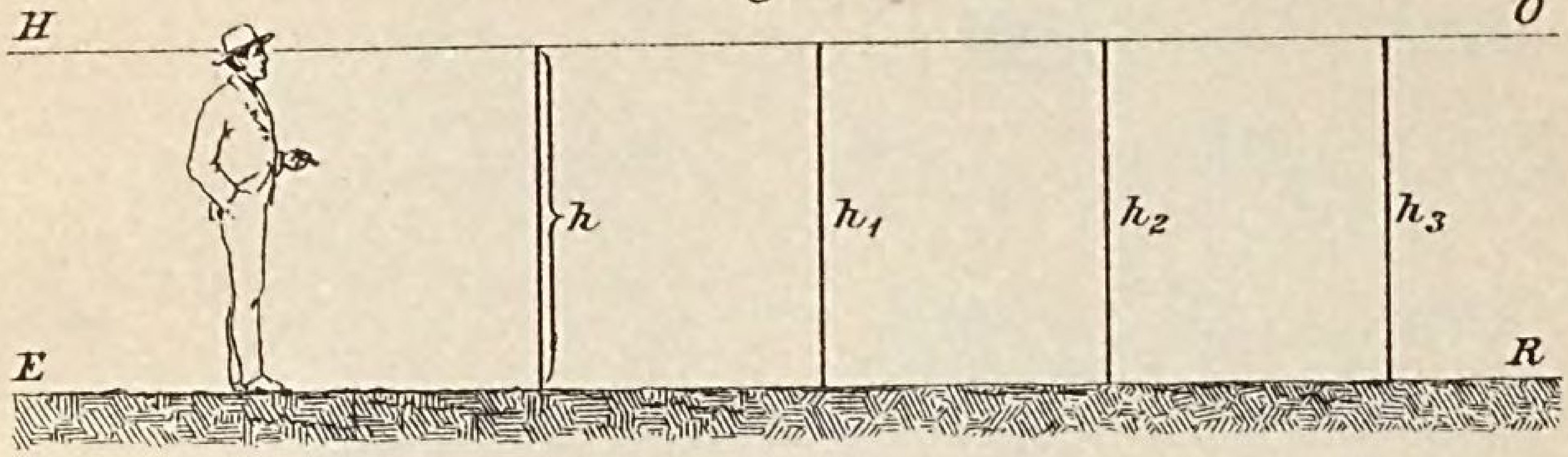



Fig. 17..

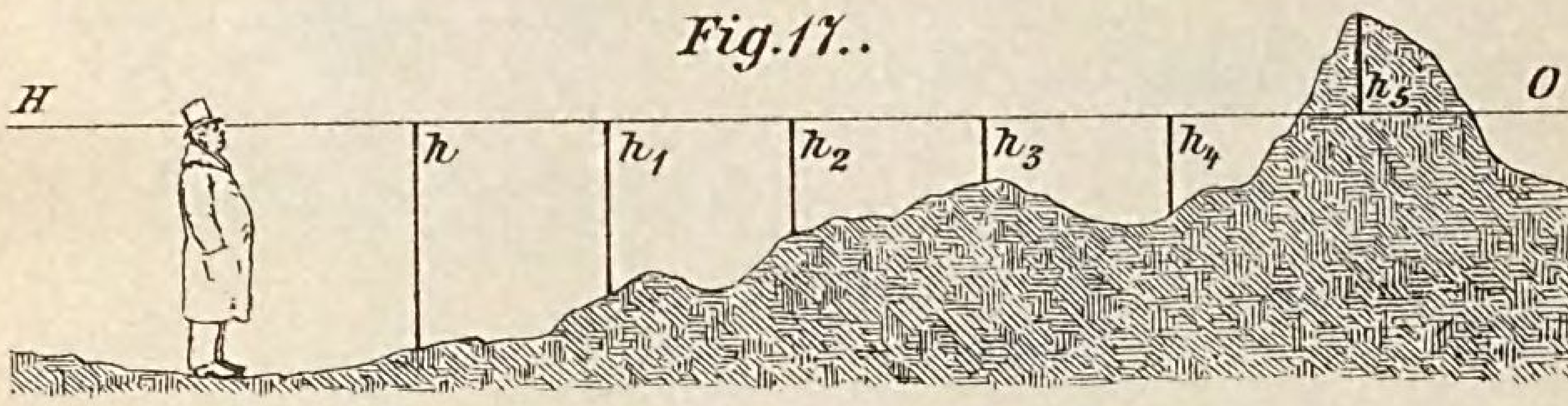



Fig. 18.

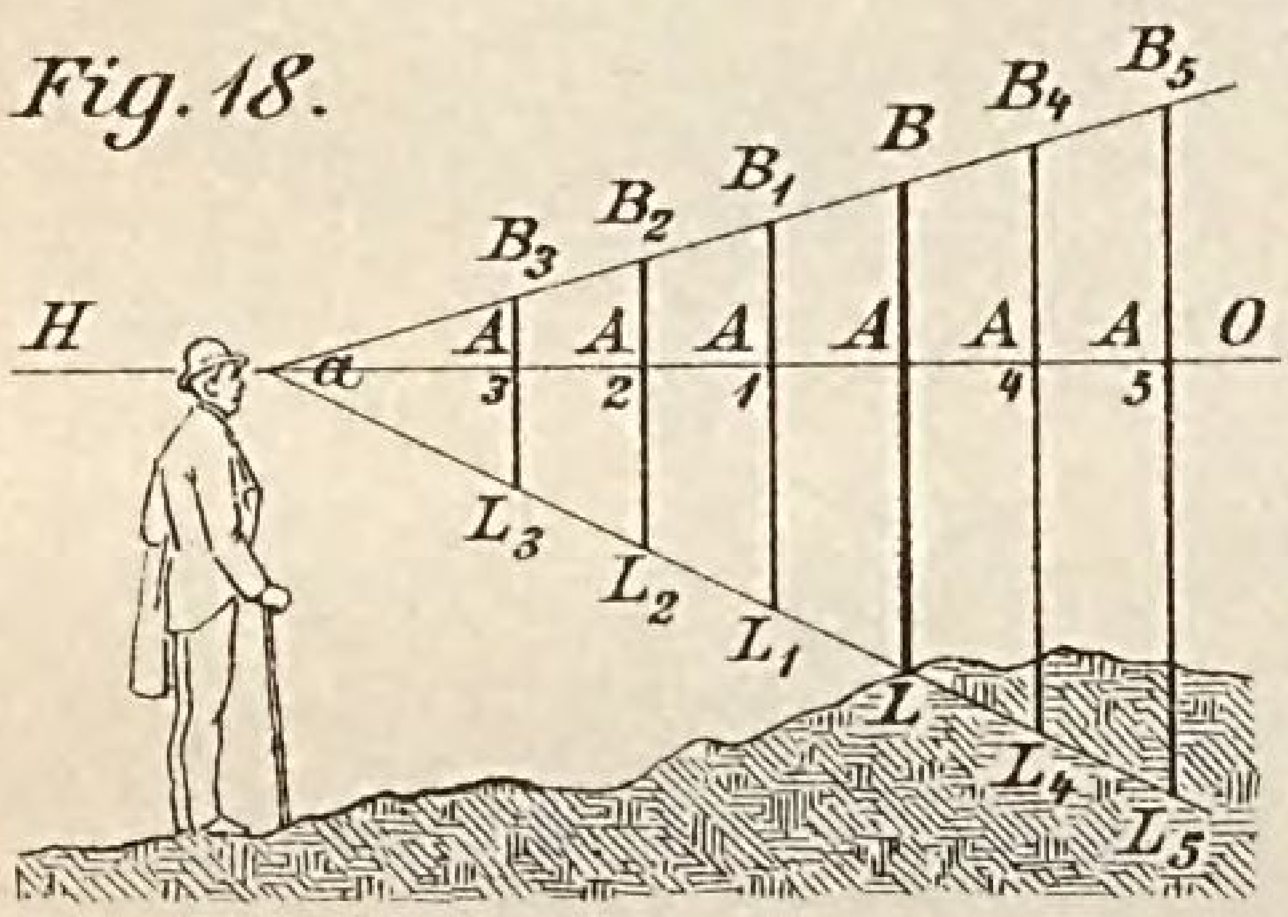



Fig. 19.

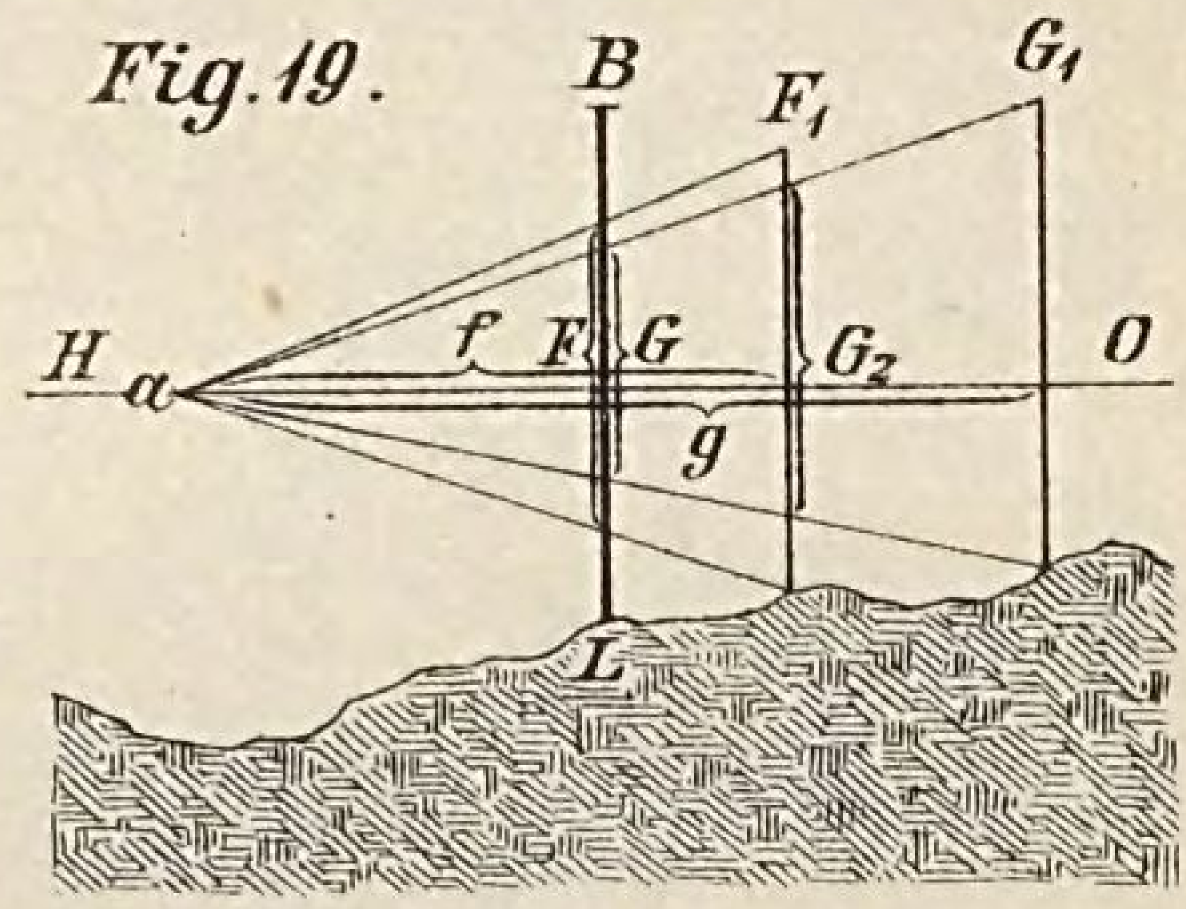



Fig. 20.

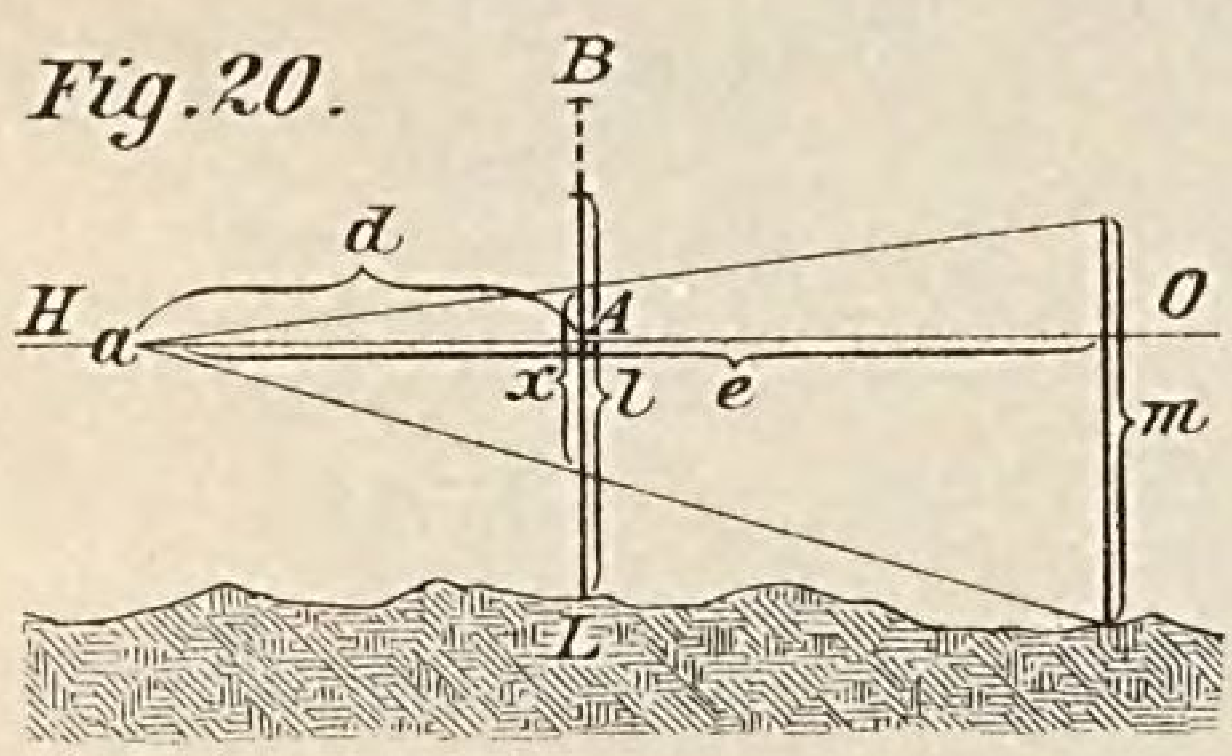



Fig. 21.

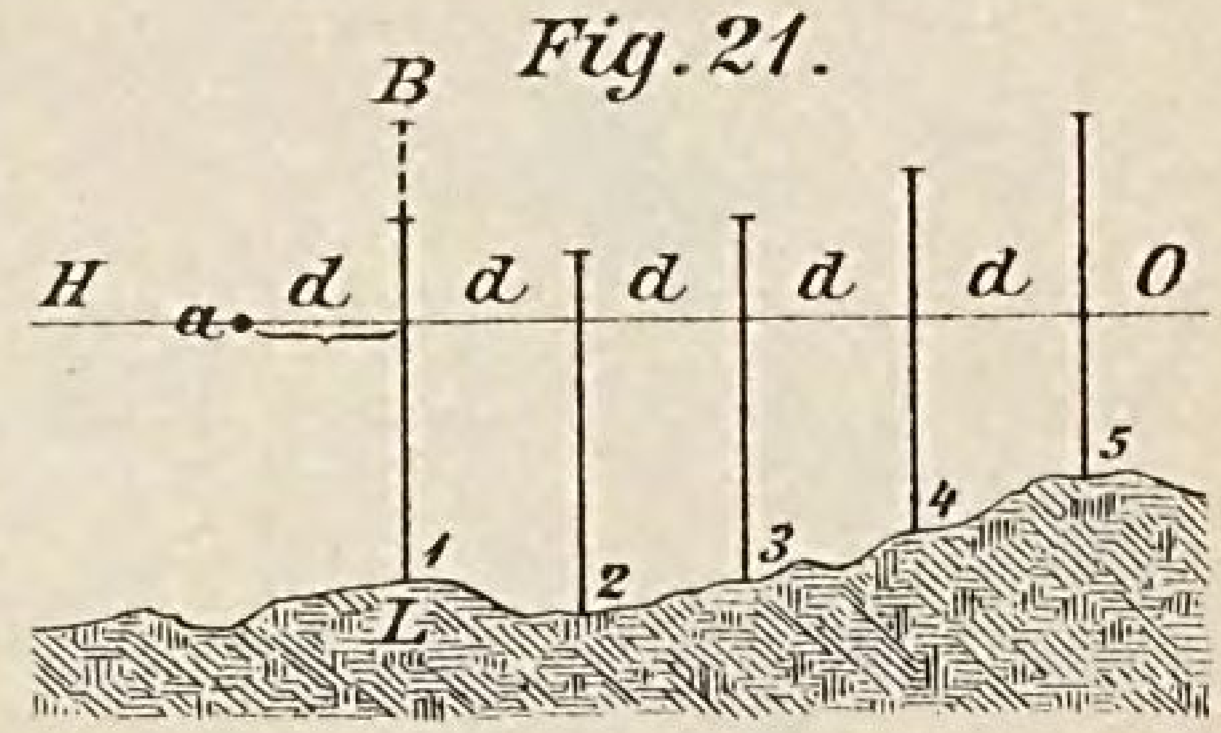



Fig. 22.

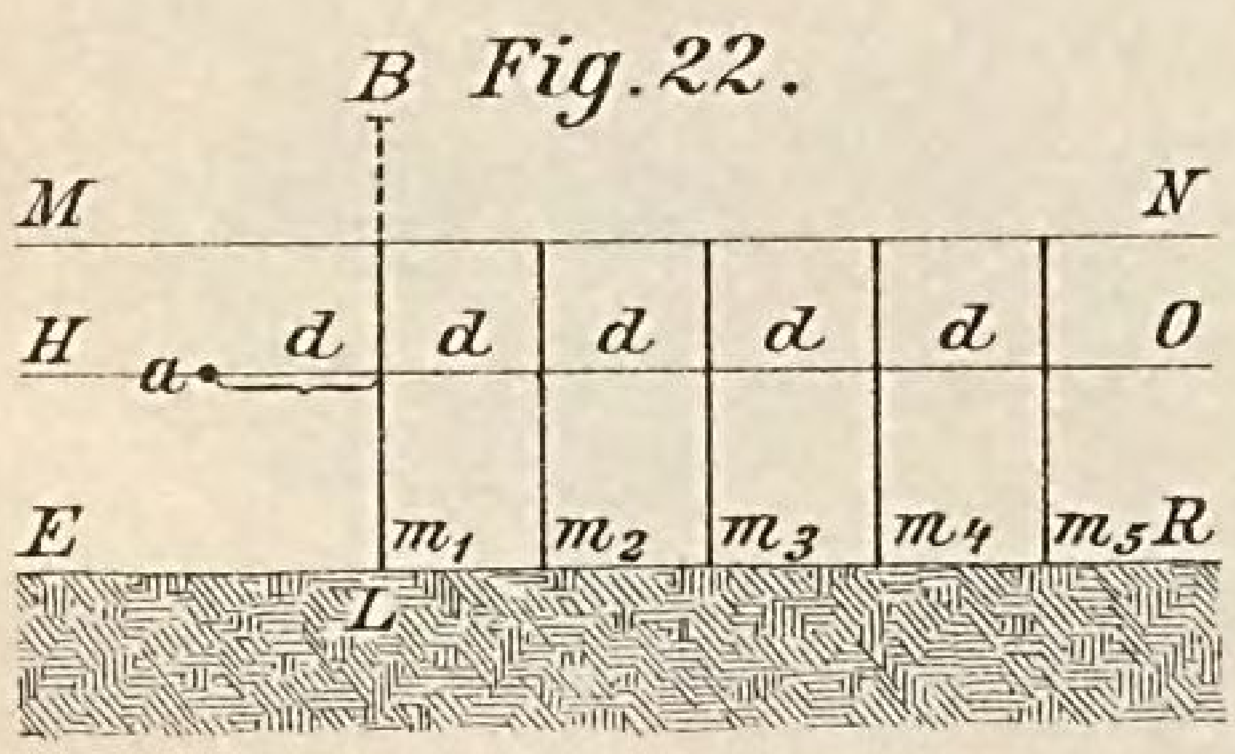
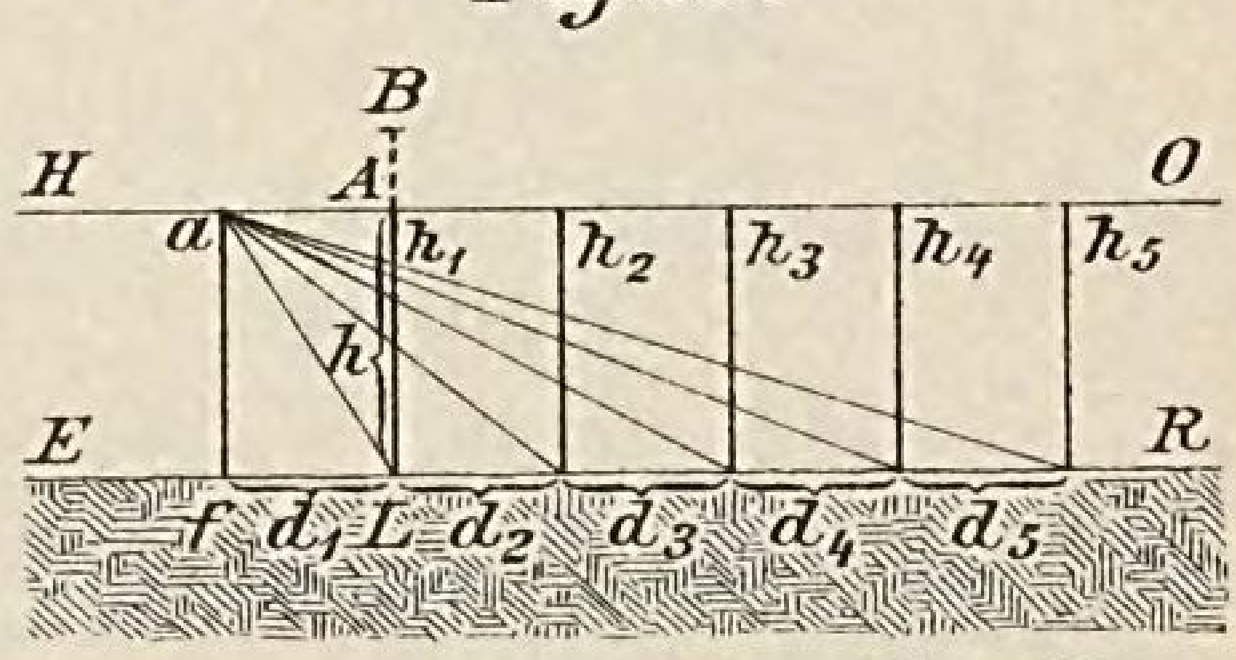



Fig. 23.




Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Fig. 24.

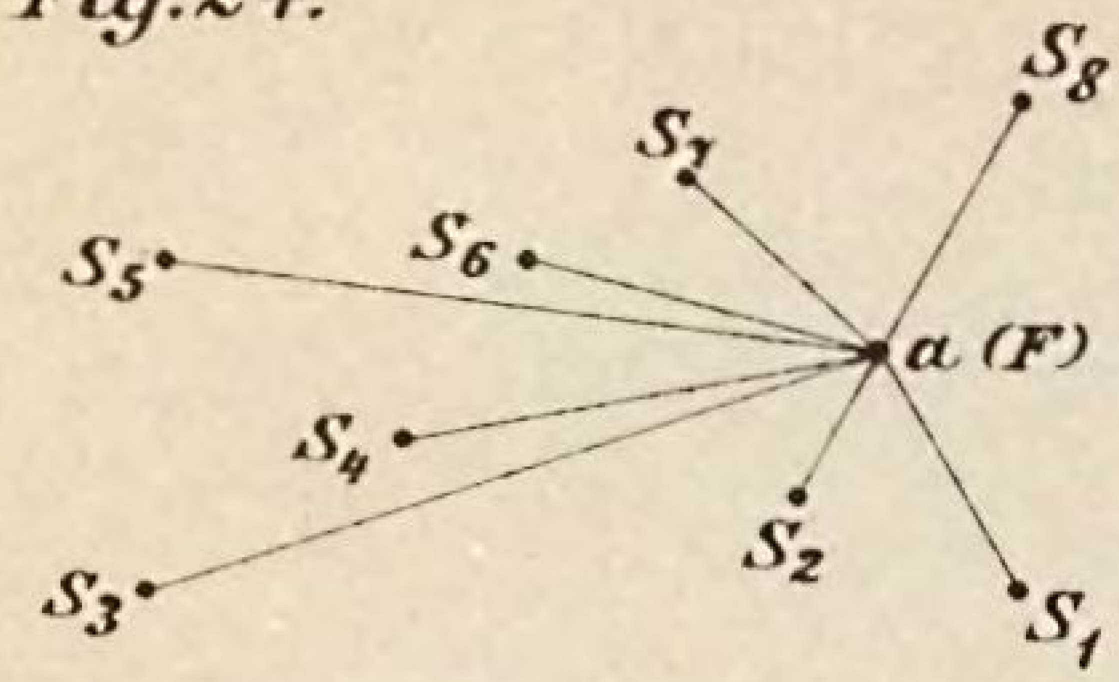
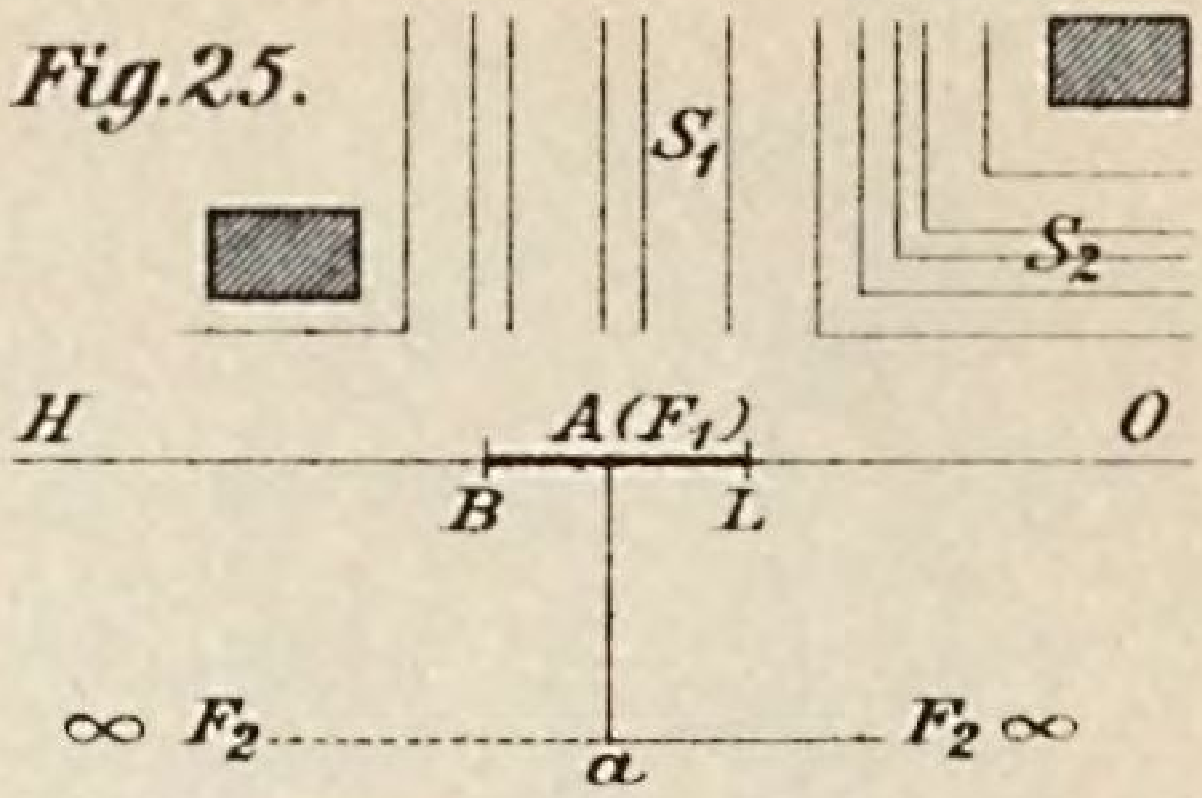



Fig. 25.



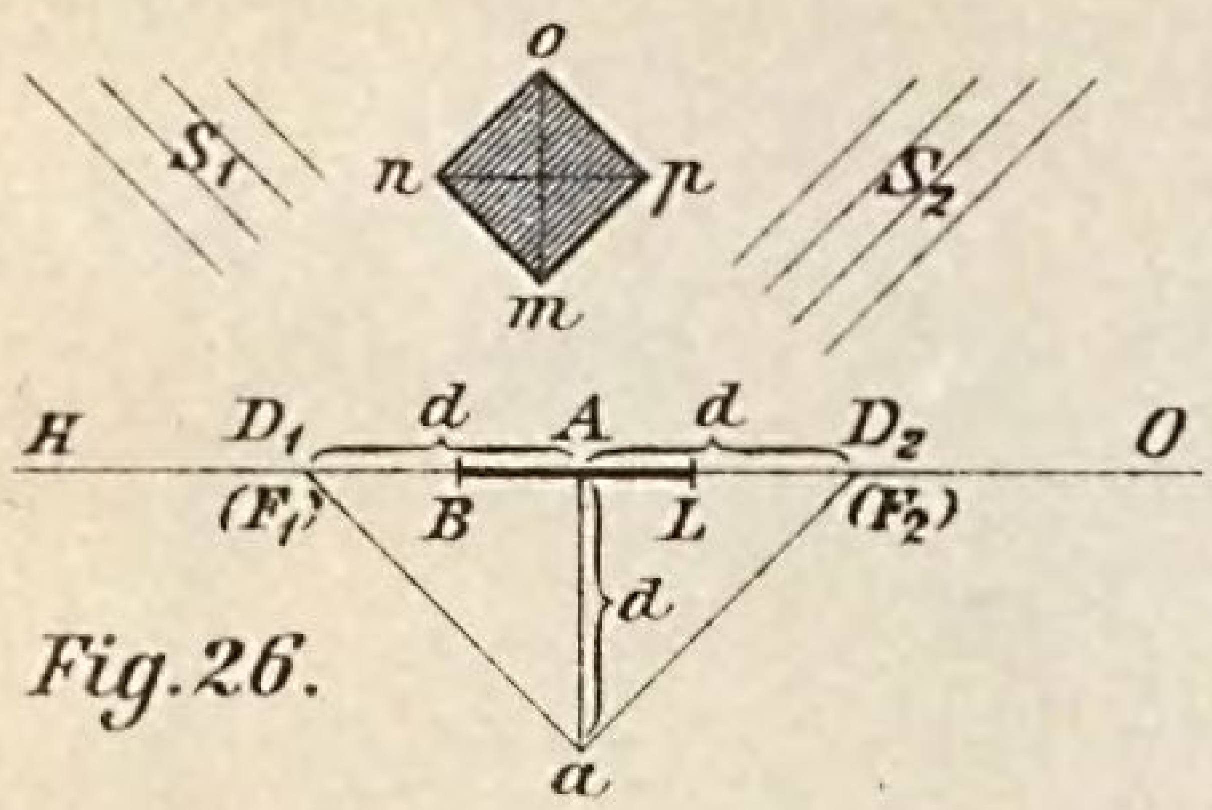




Fig. 26.

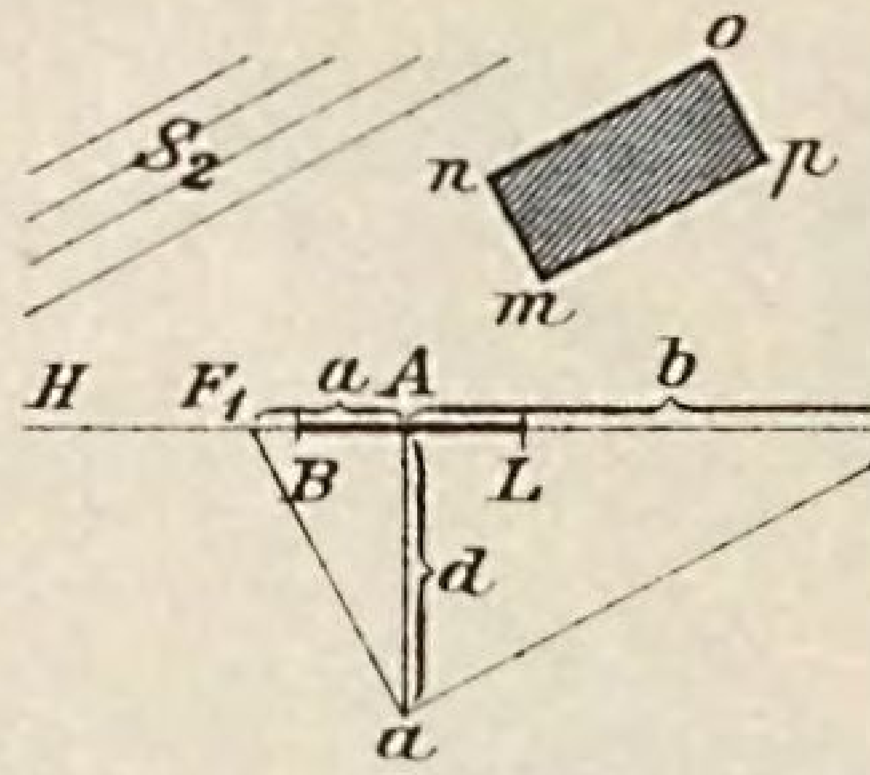
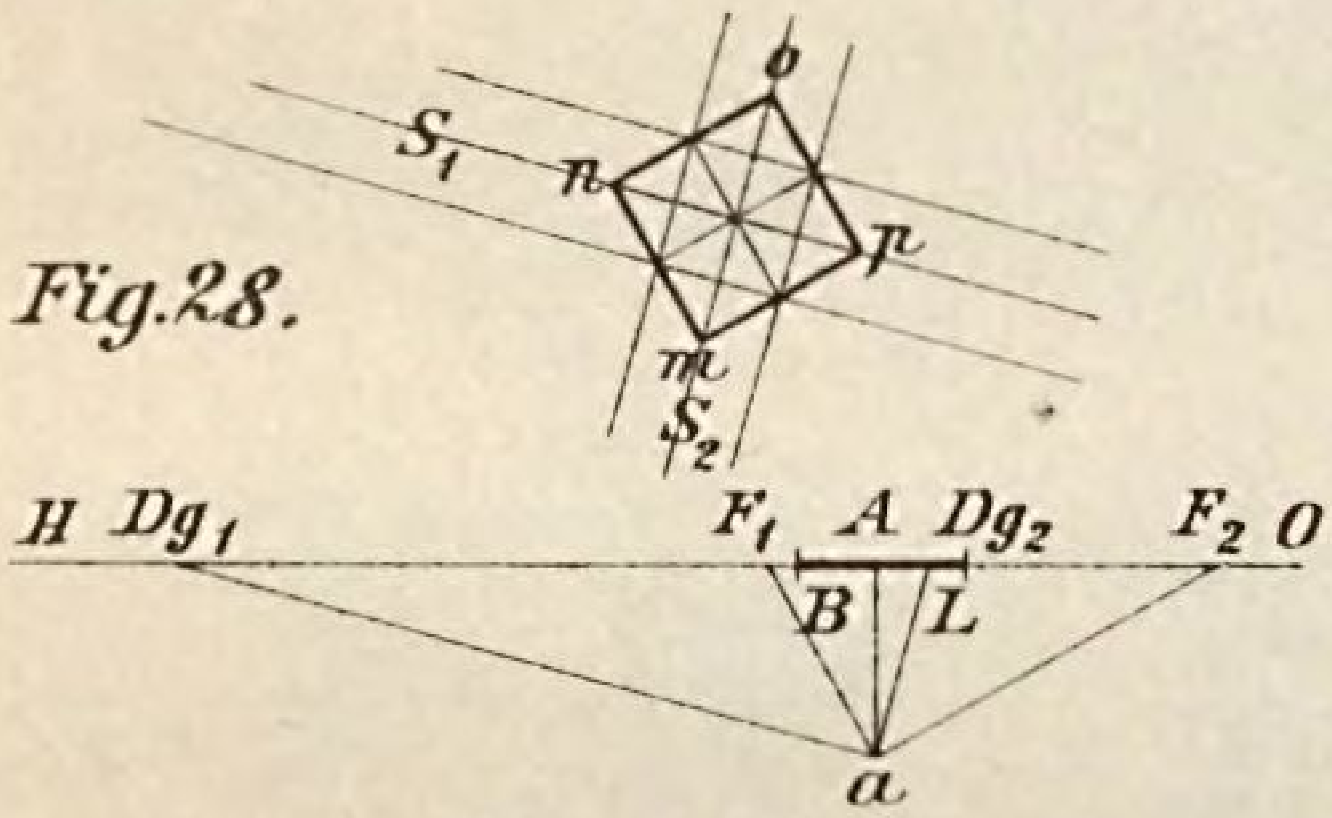



Fig. 27.

Fig. 28.



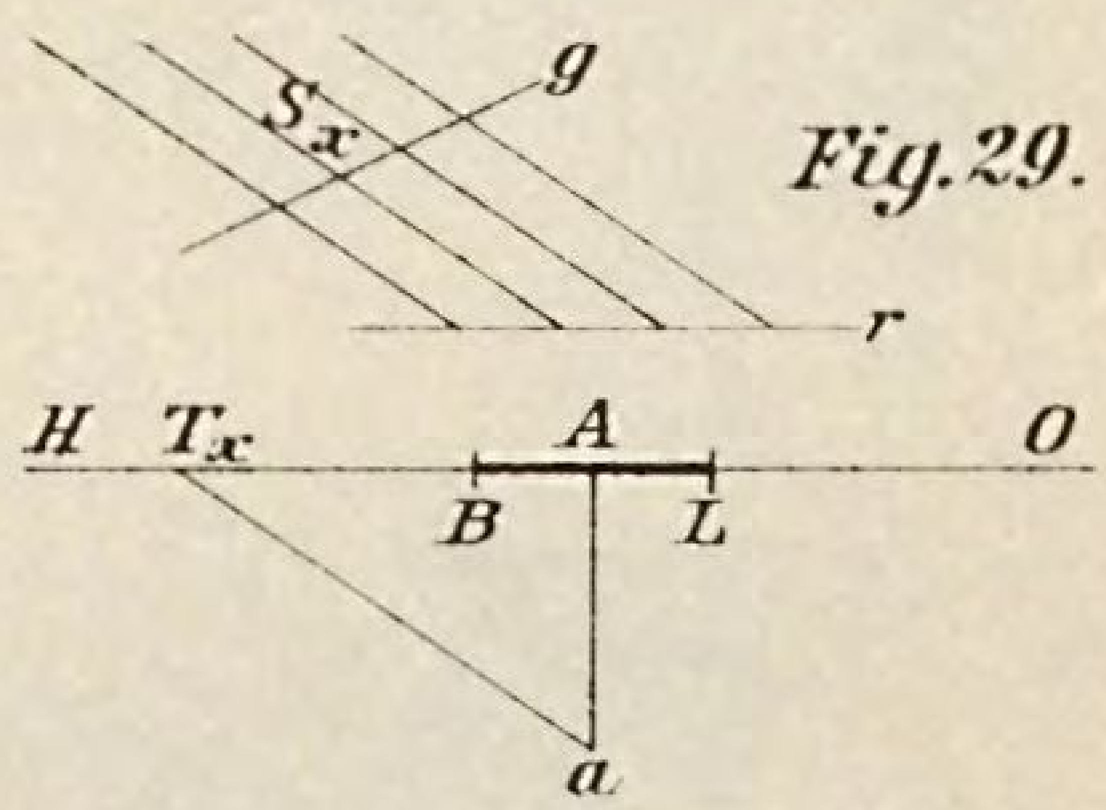
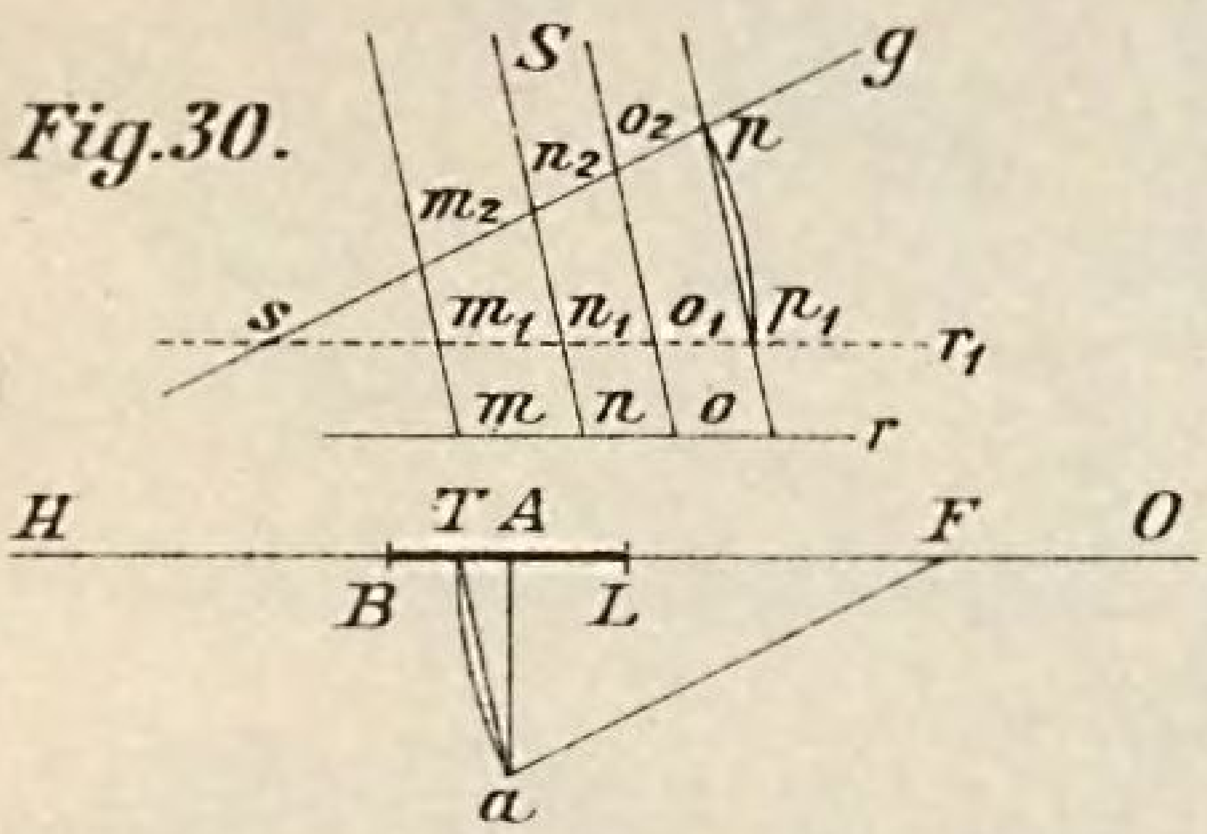




Fig. 29.

Fig. 30.



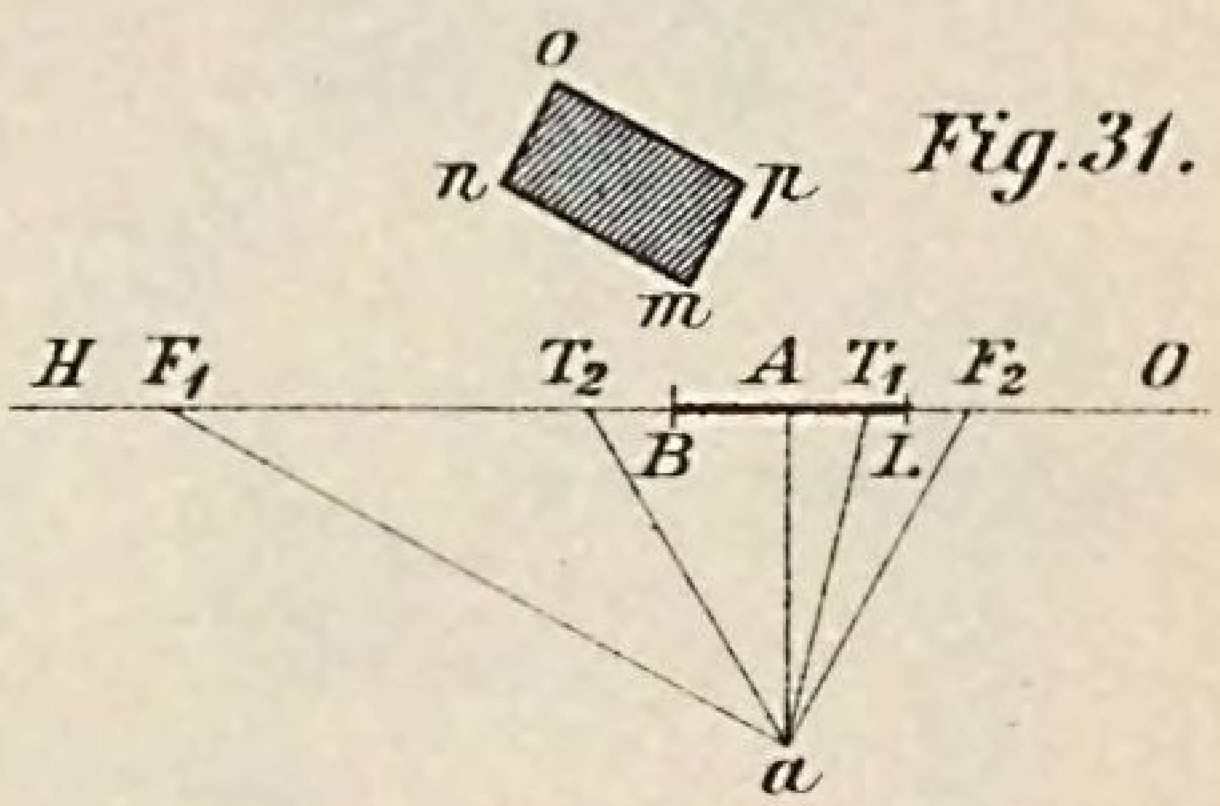




Fig. 31.

Fig. 32.

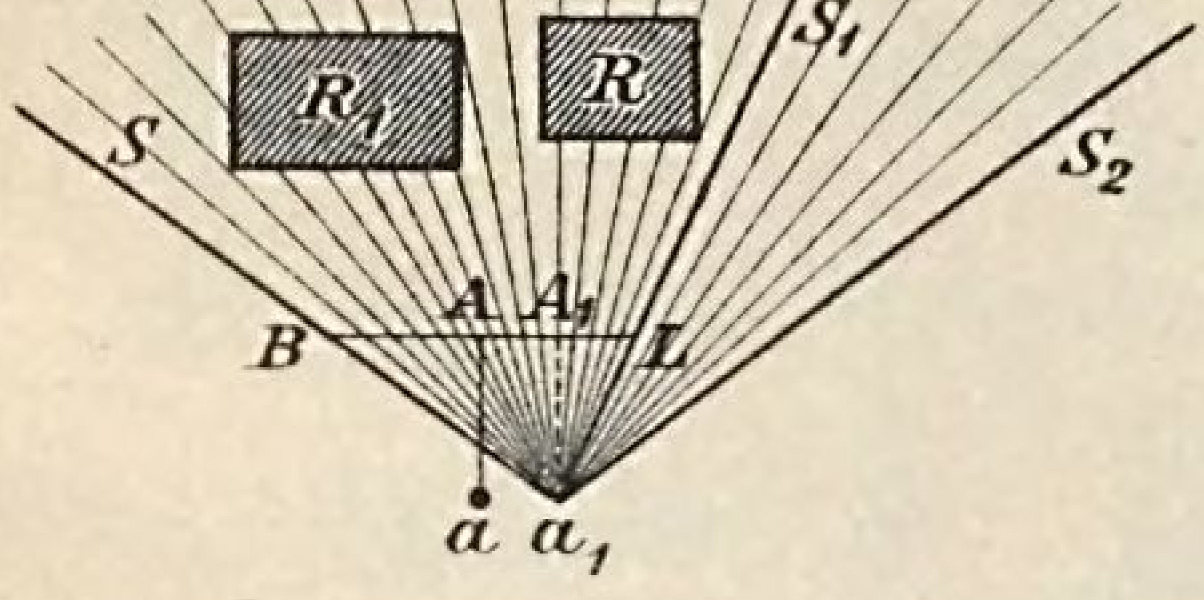
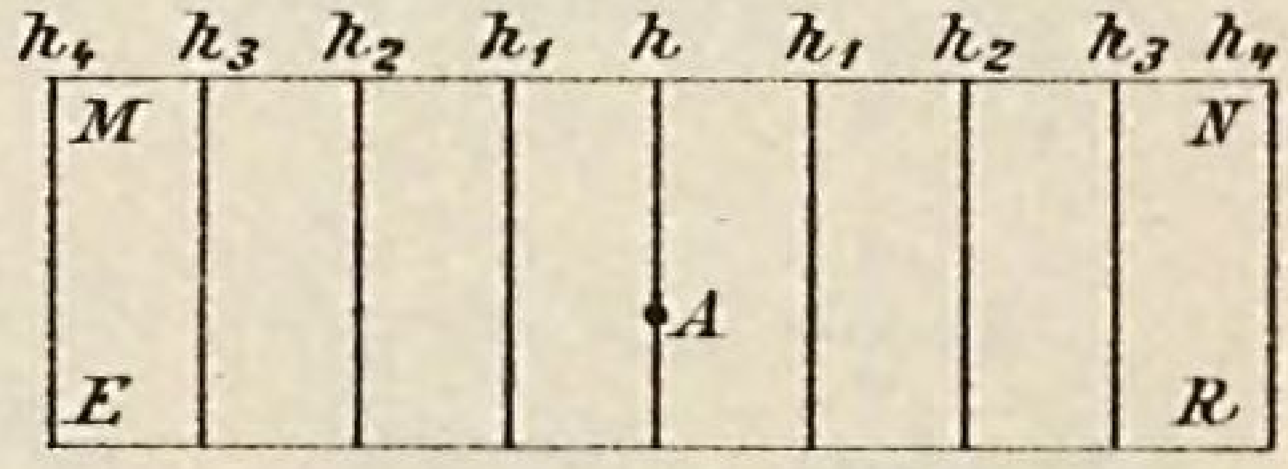
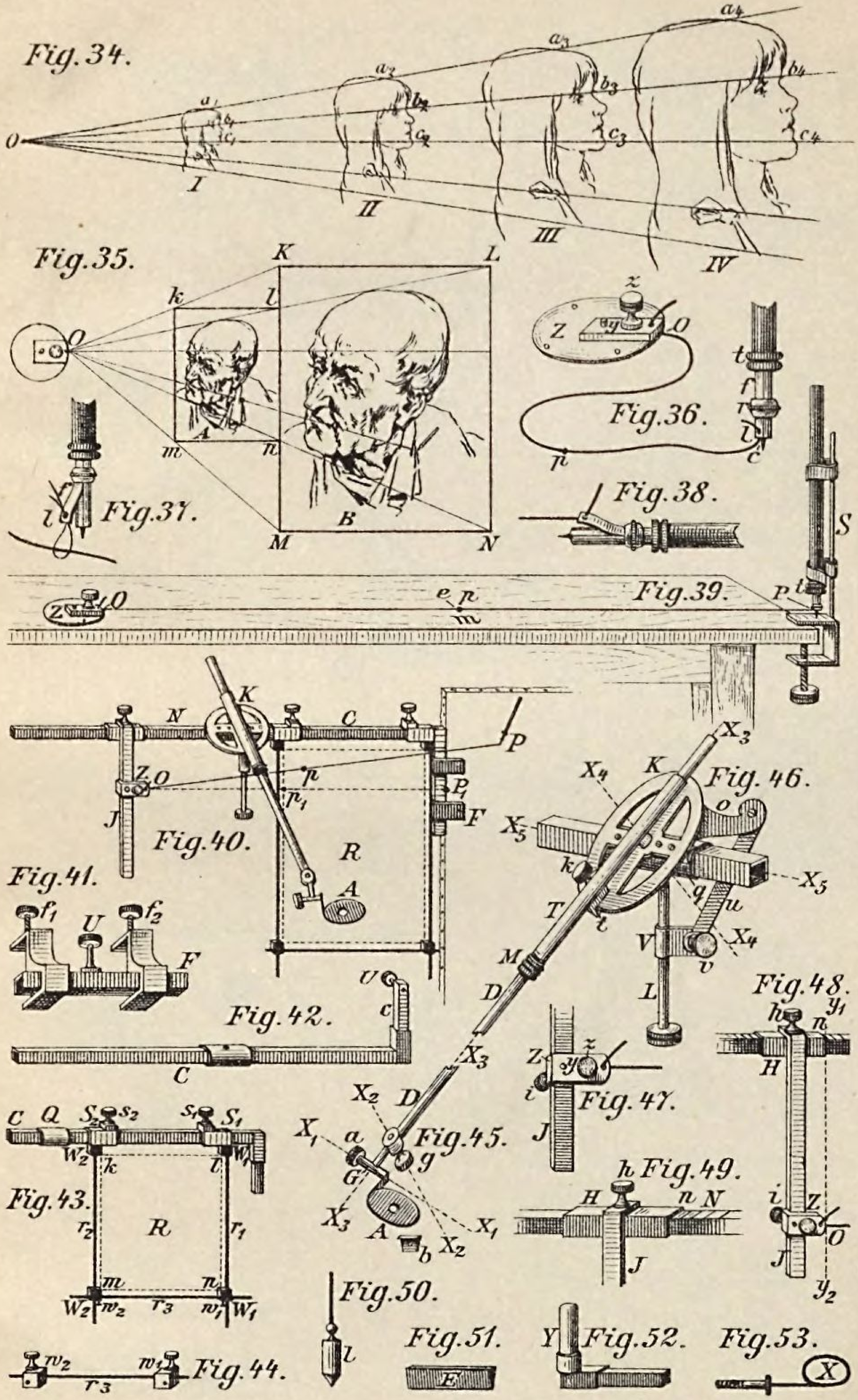



Fig. 33.



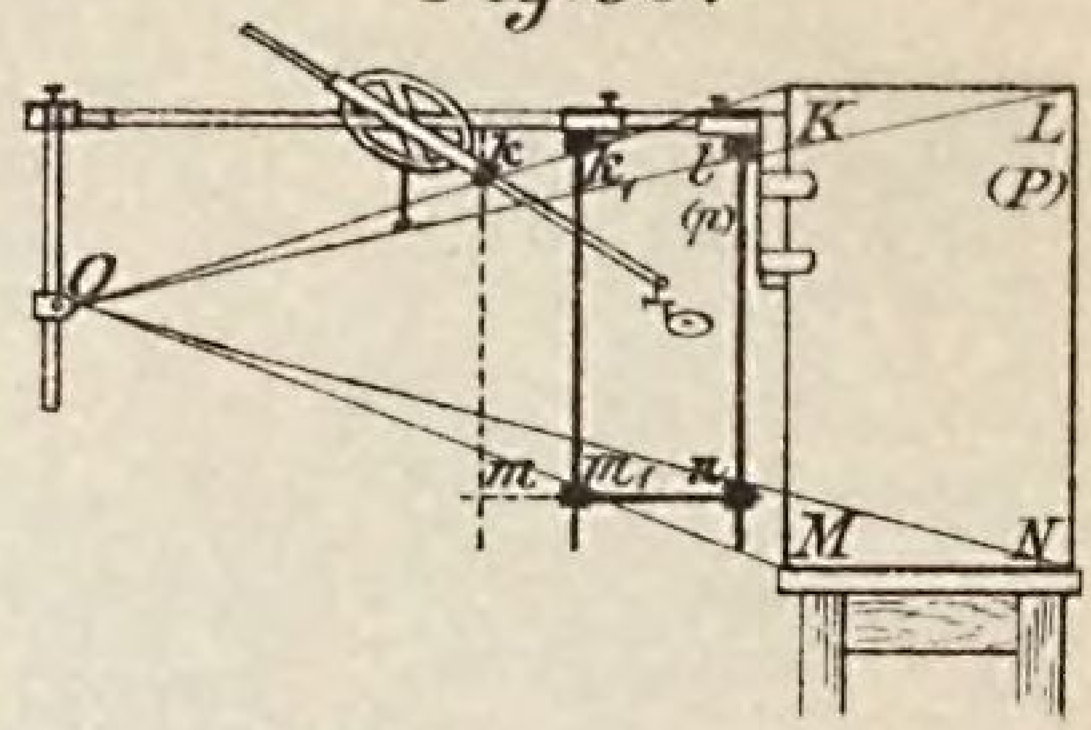

Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.




LITH. ANST. V. HUBERT KÖHLER MÜNCHEN.

Taf. VI.

Fig. 56.



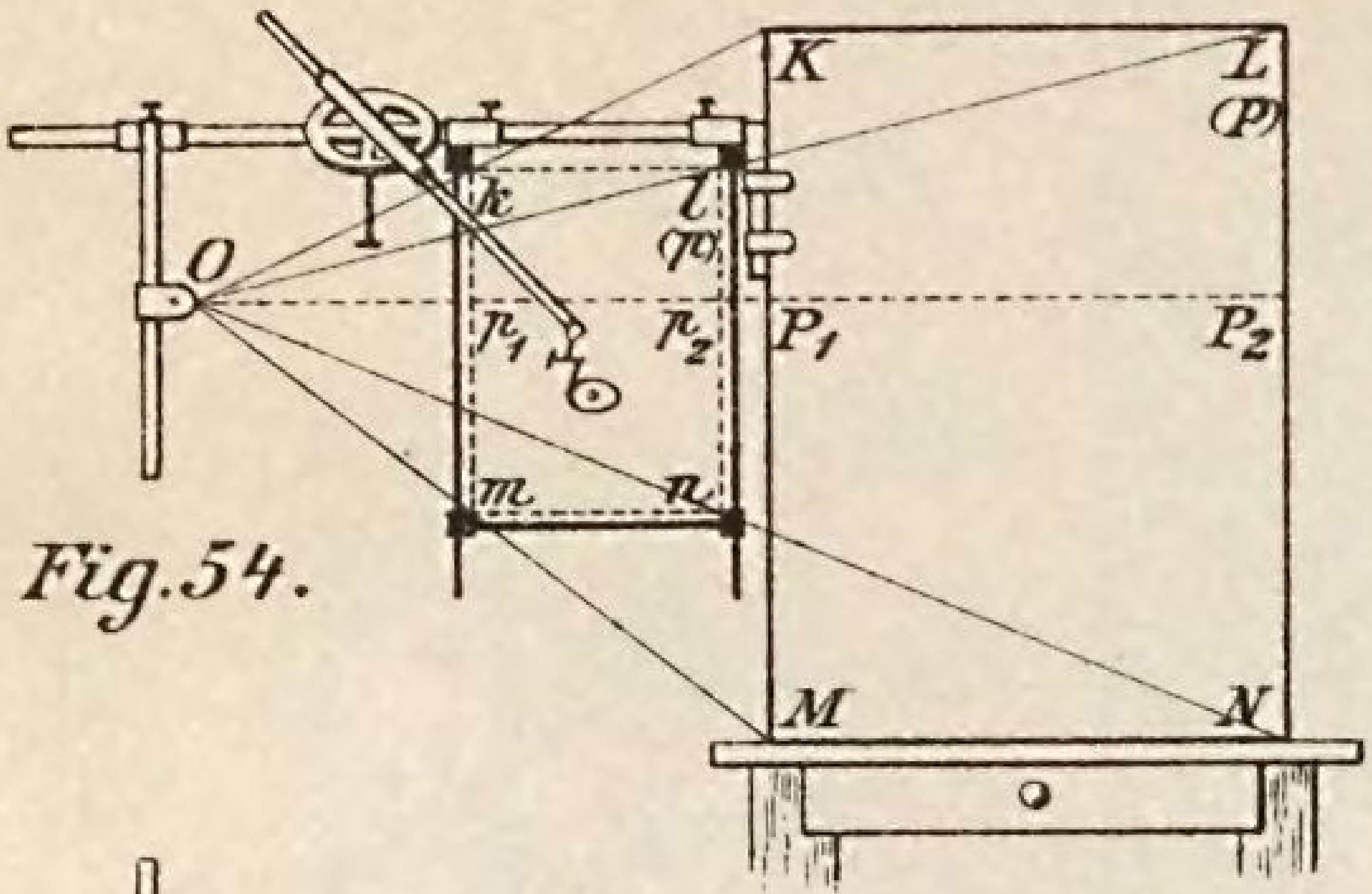




Fig. 54.

Fig. 58.

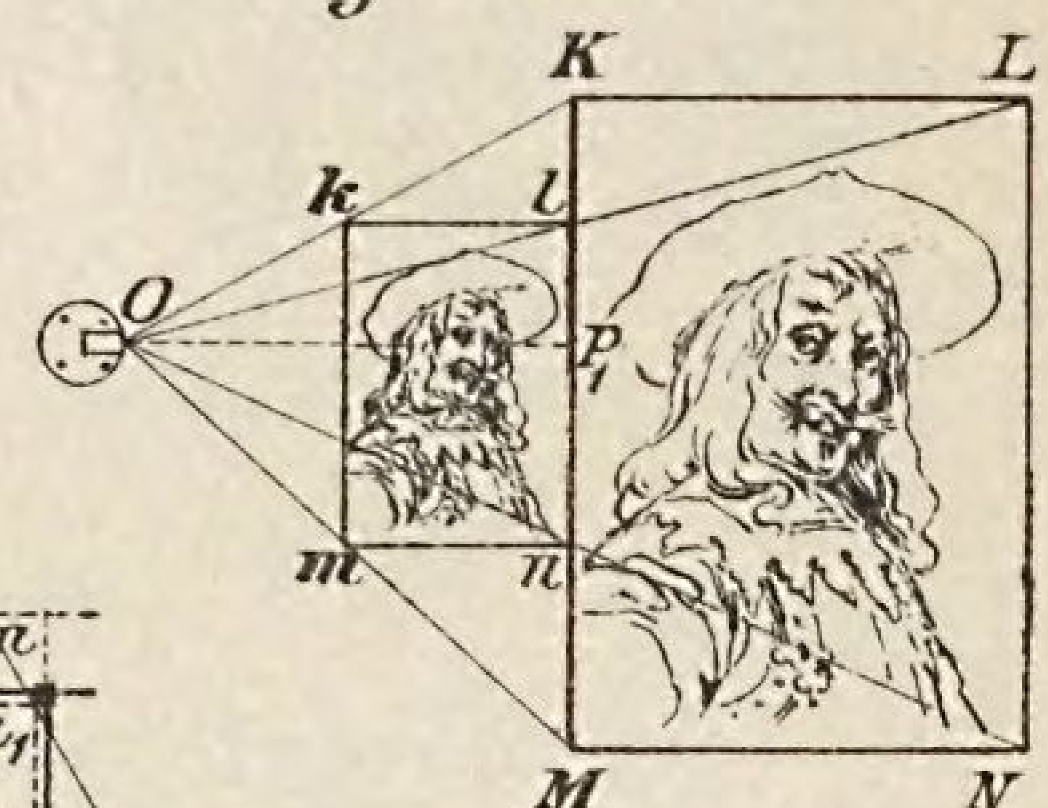



Fig. 57.

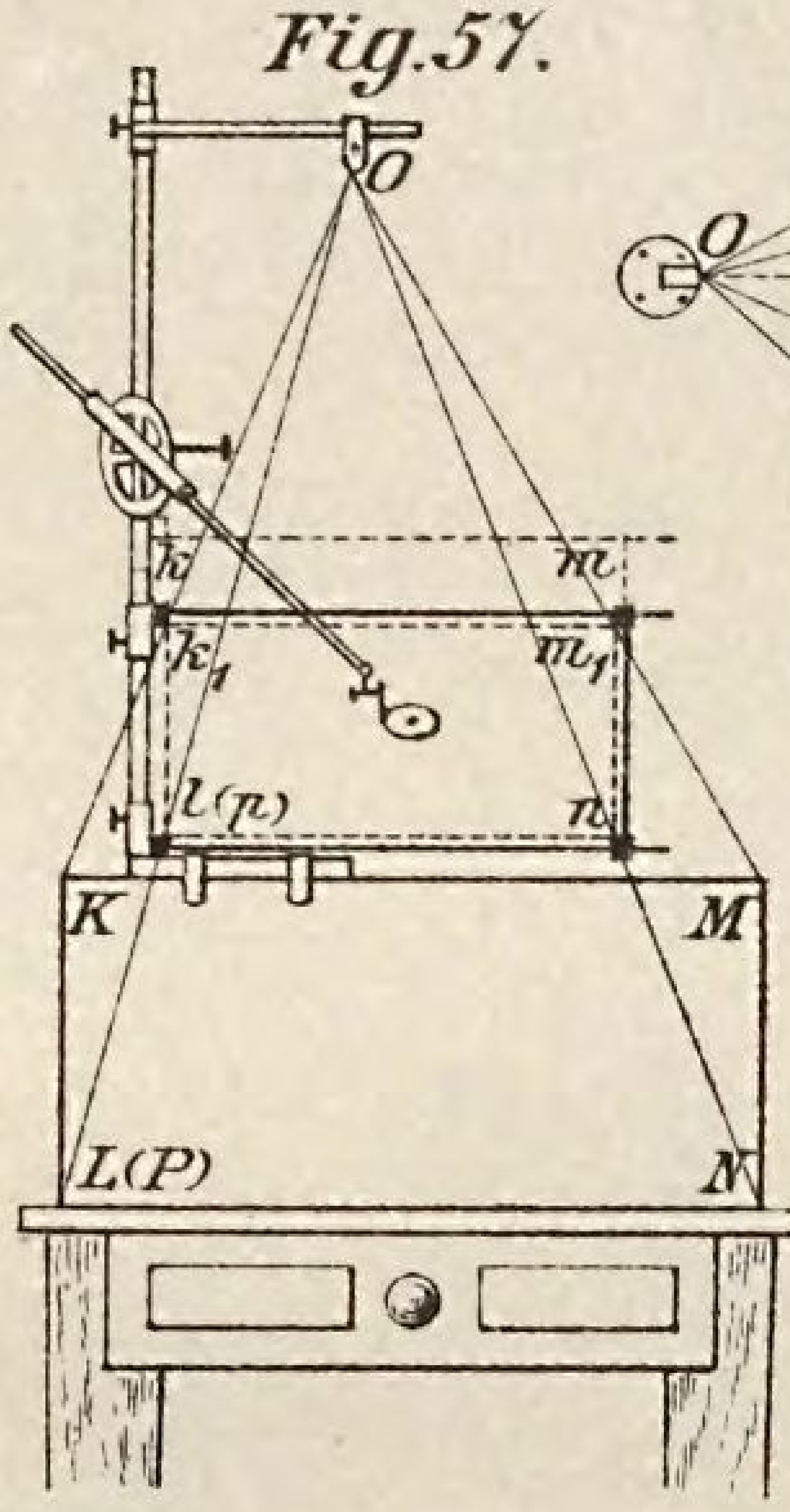



Fig. 55.

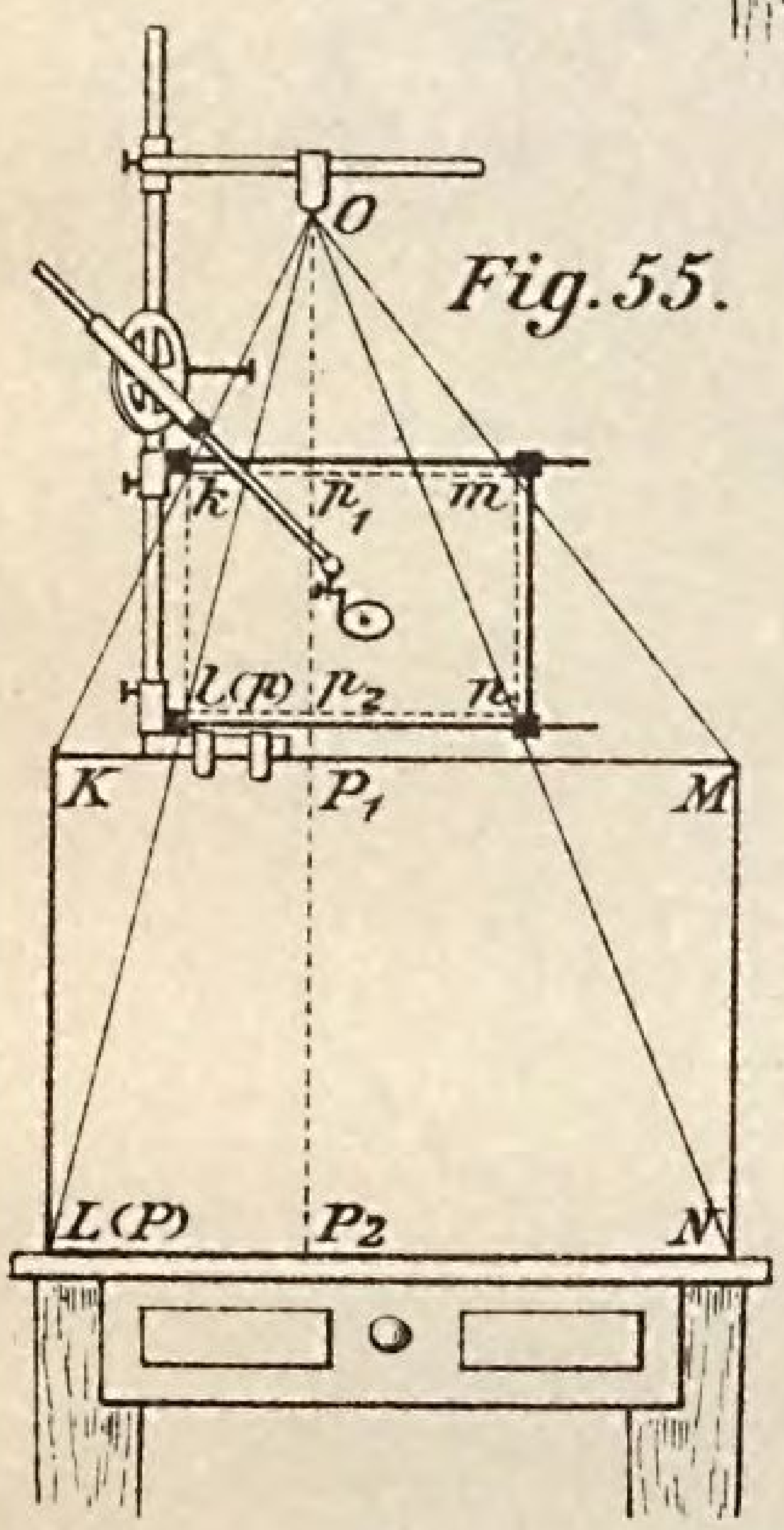
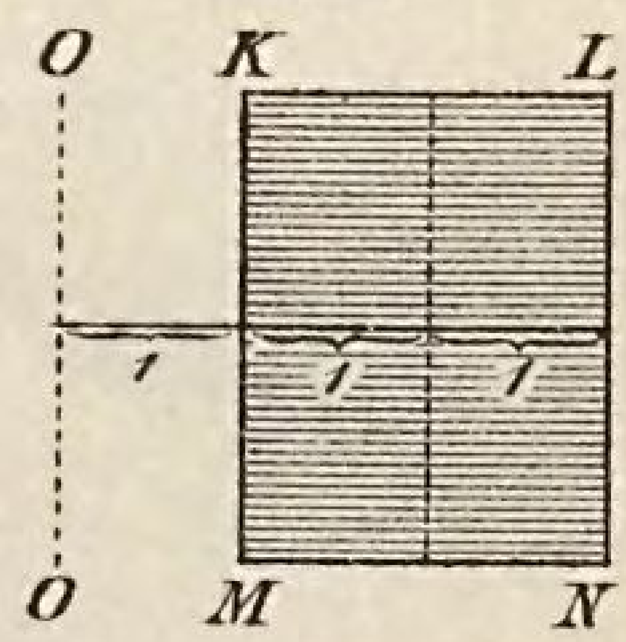



Fig. 59.



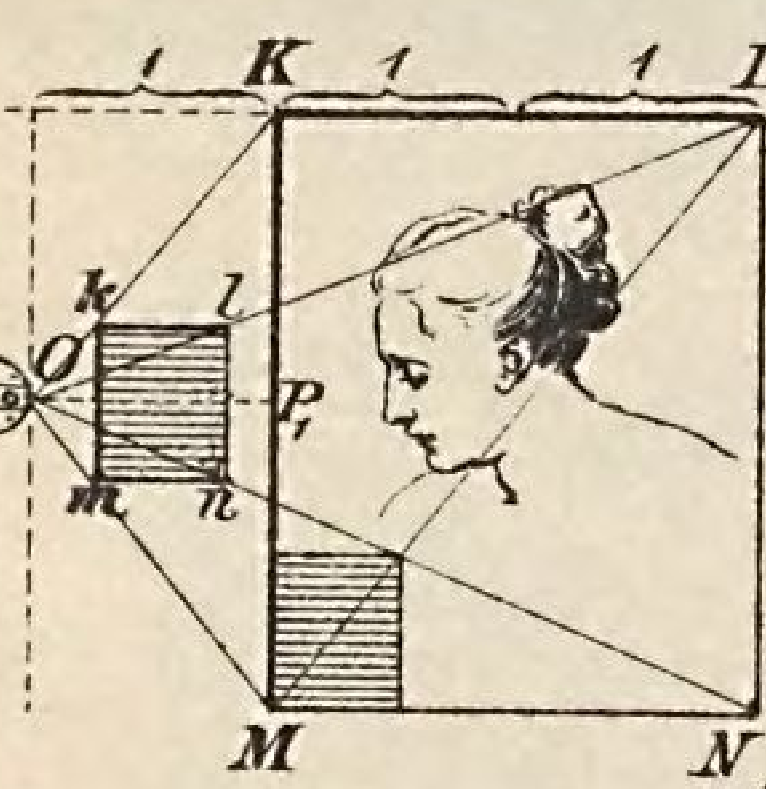




Fig. 60.

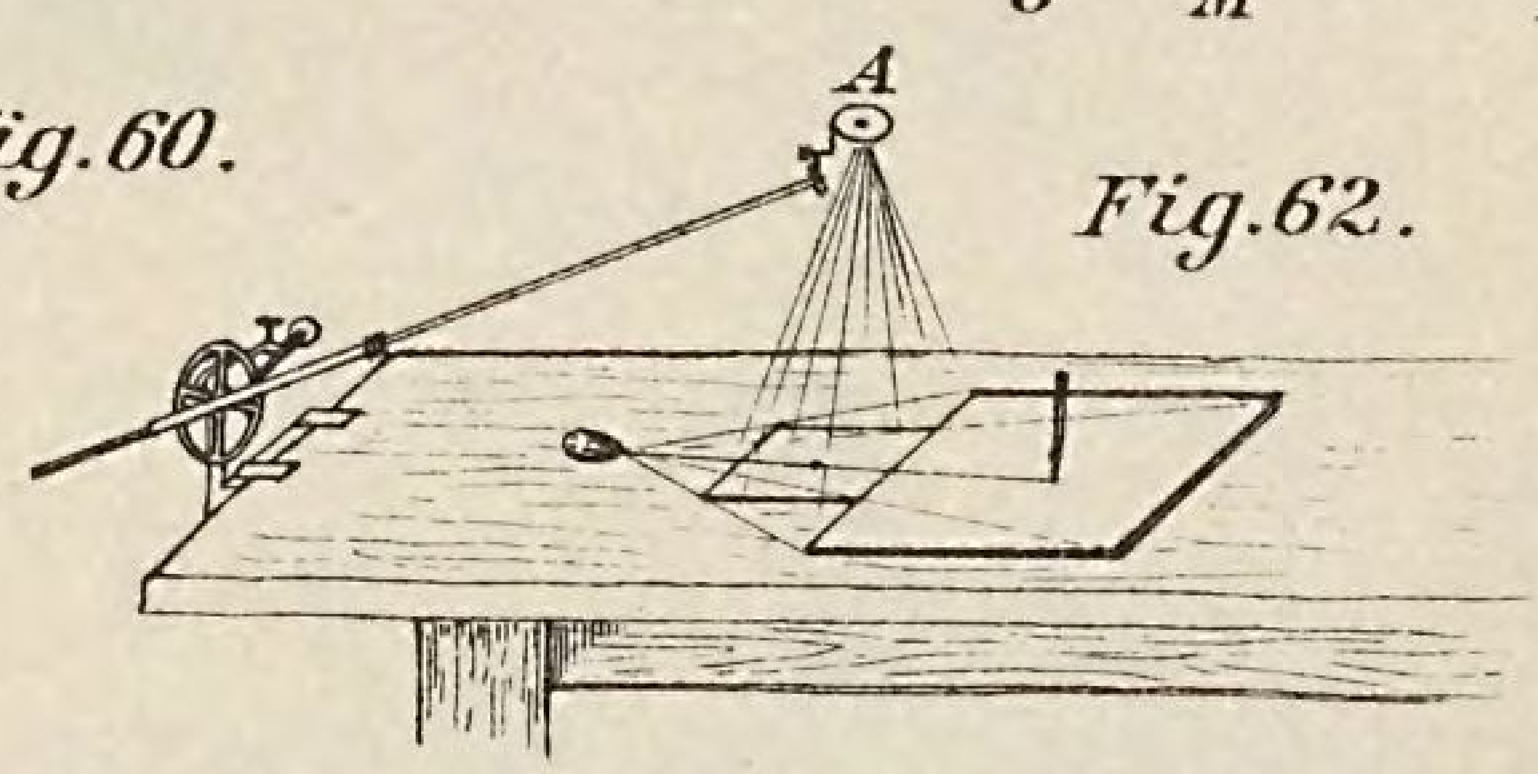
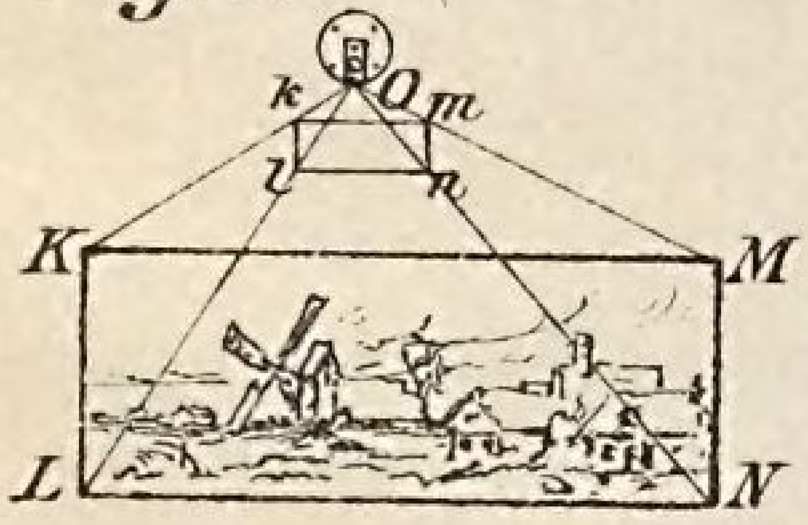



Fig. 62.

Fig. 61.



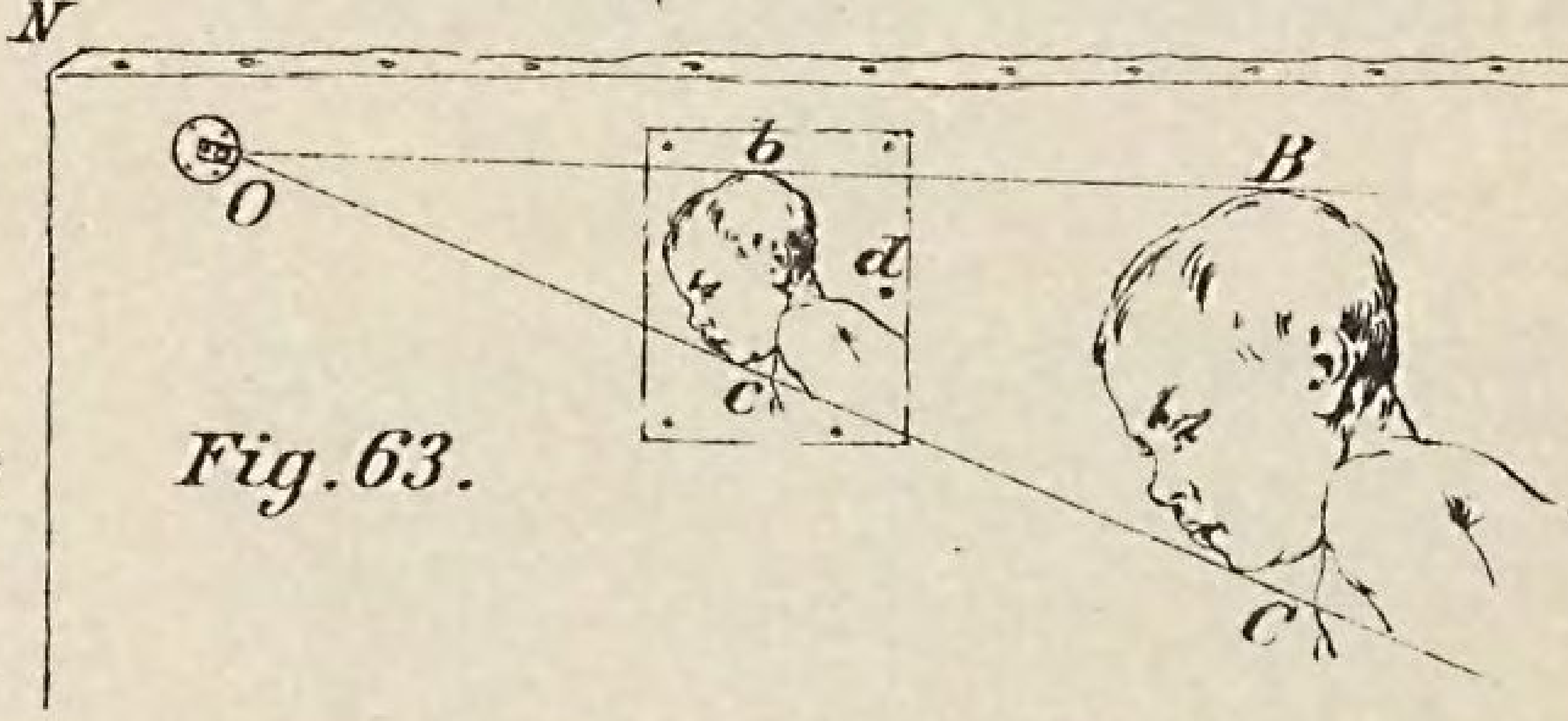




Fig. 63.

LITH. ANST. v. HUBERT KÖHLER MÜNCHEN.

Fig. 64.

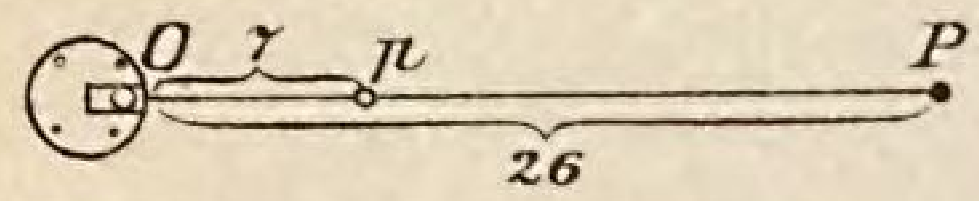



Fig. 65.




Fig. 66.

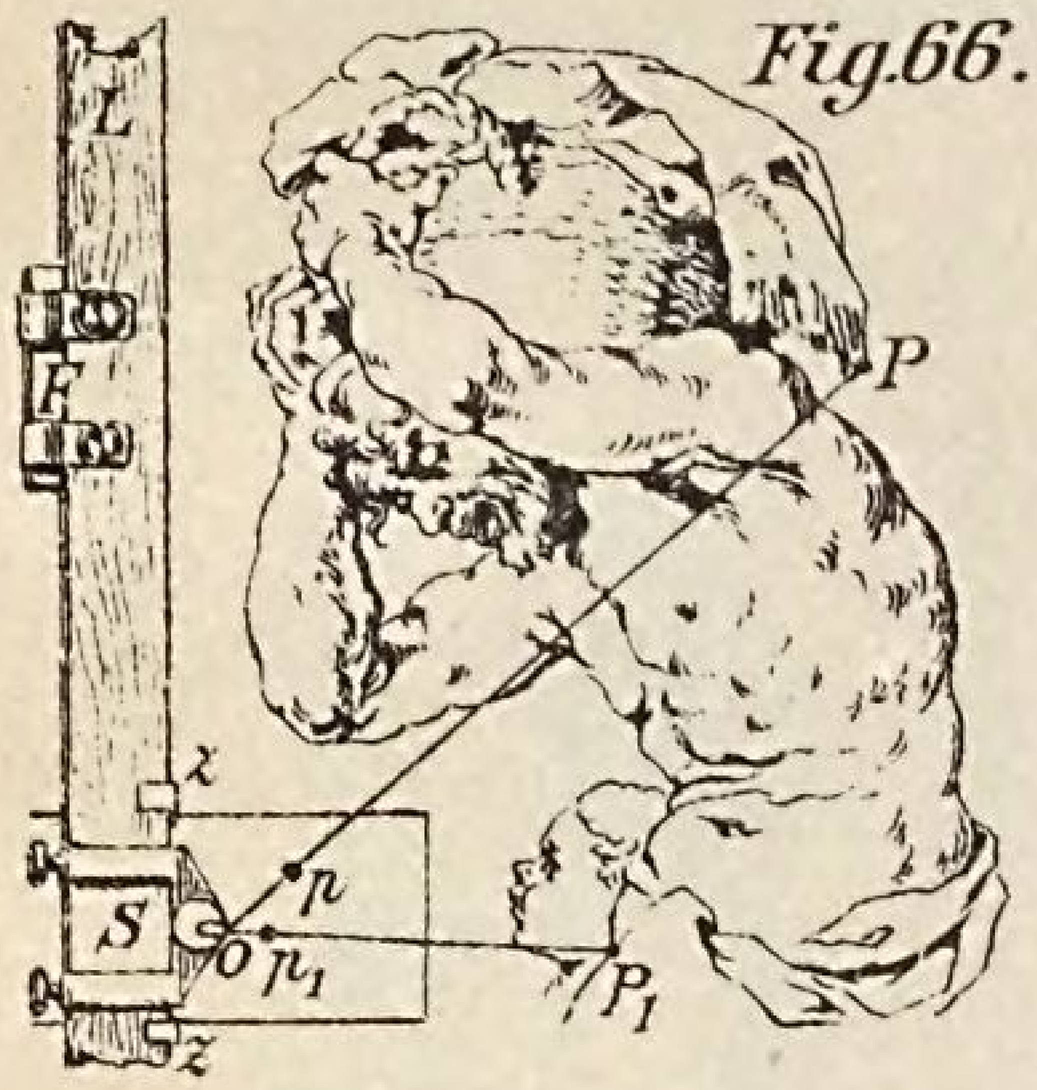



Fig. 67.

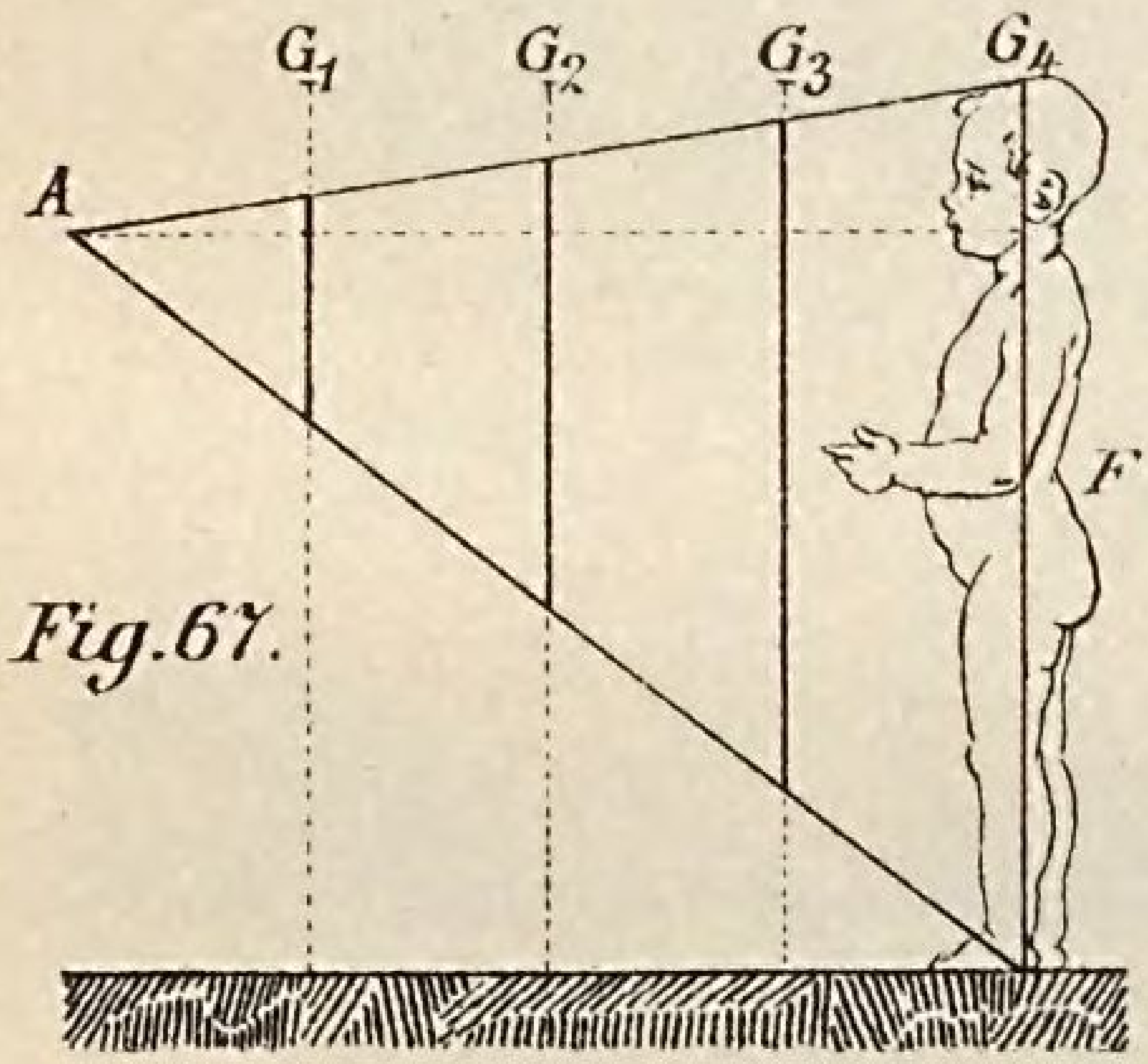



Fig. 68a.

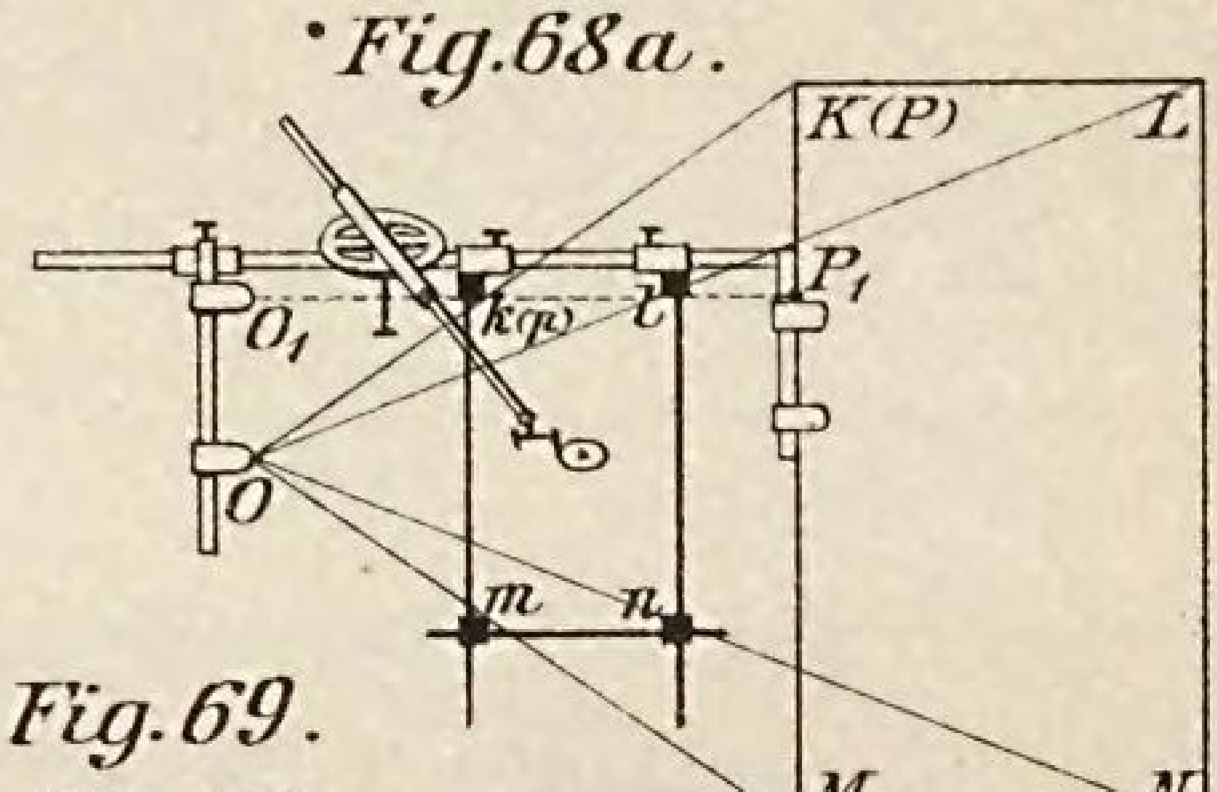



Fig. 69.

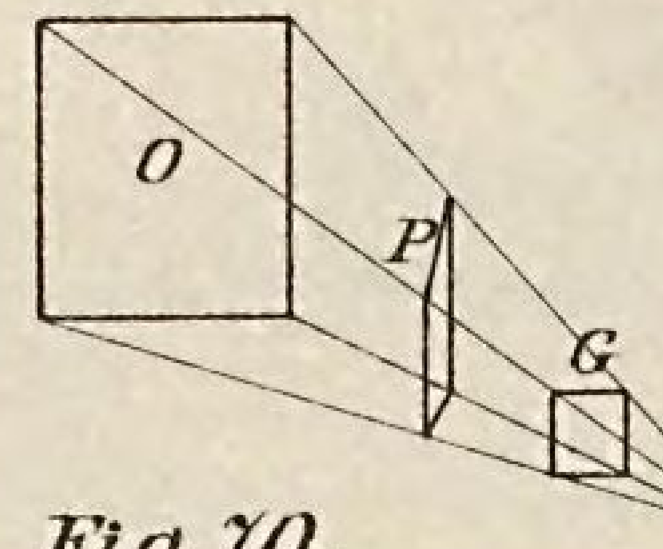



Fig. 70.

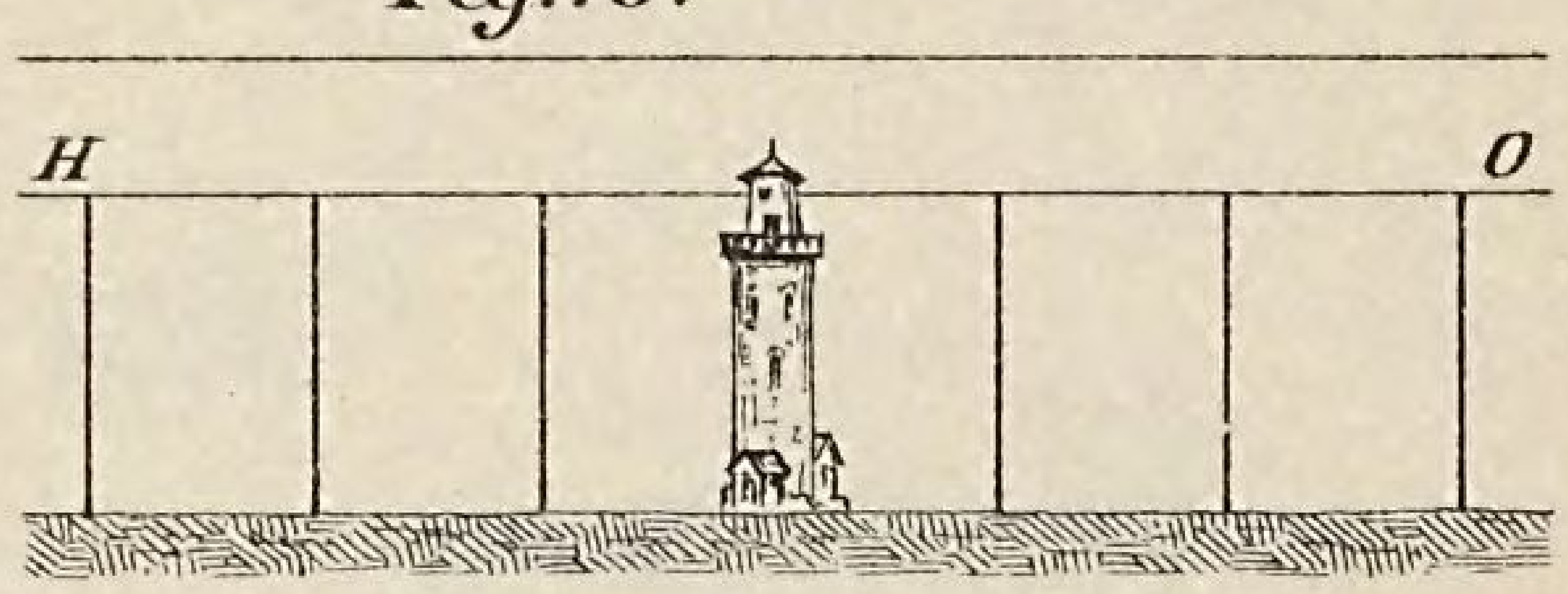



Fig. 68b.

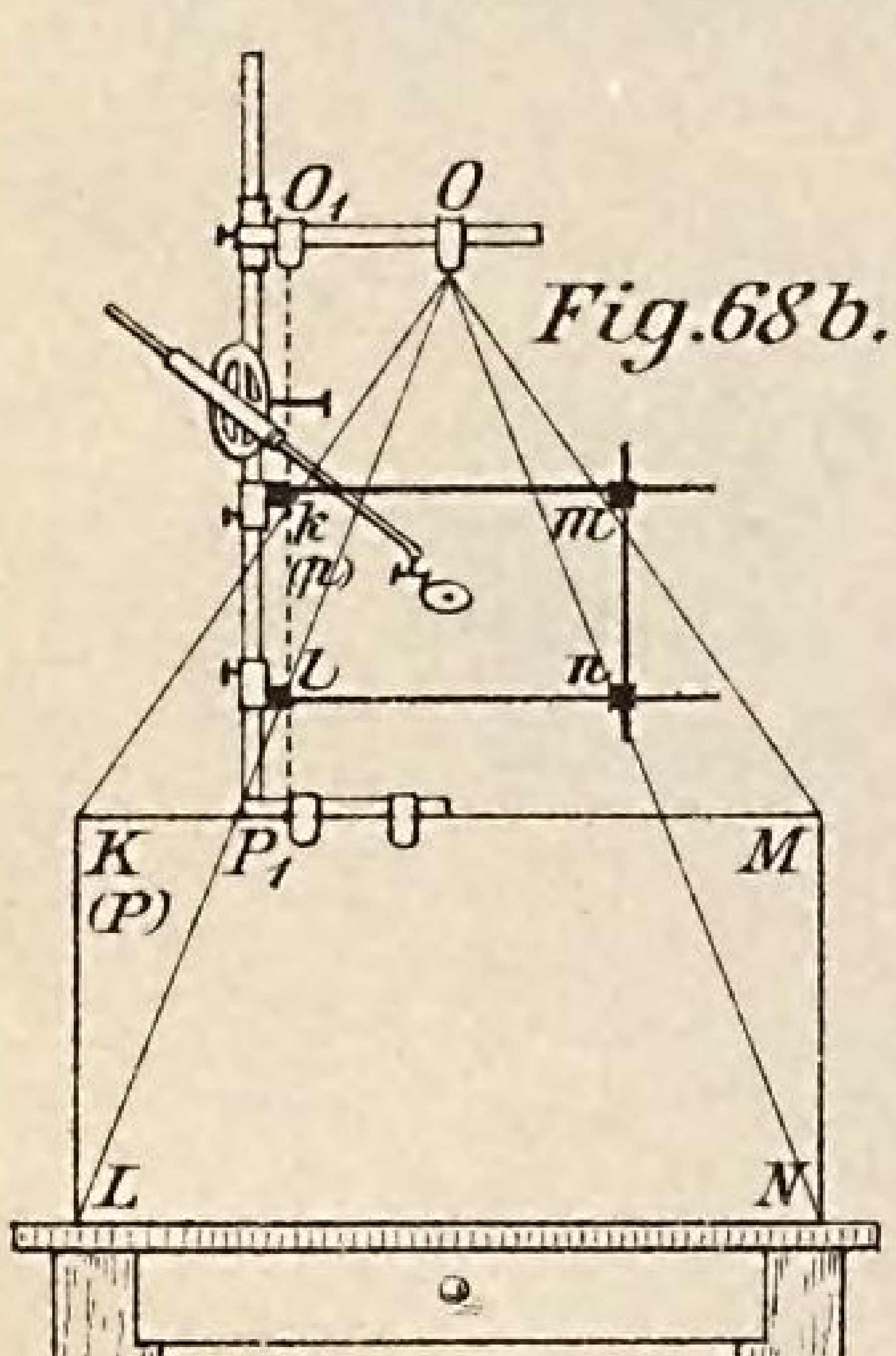
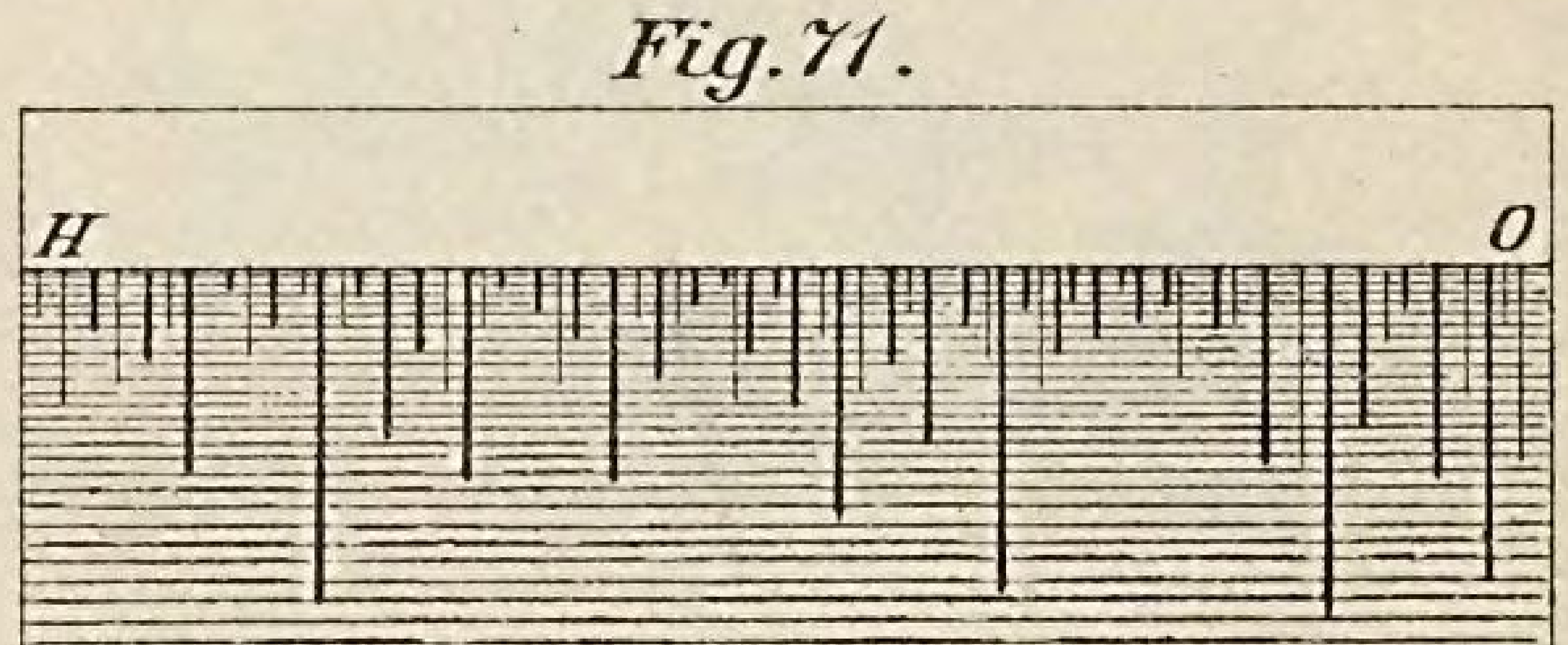



Fig. 71.




Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Fig. 72.




Fig. 73.

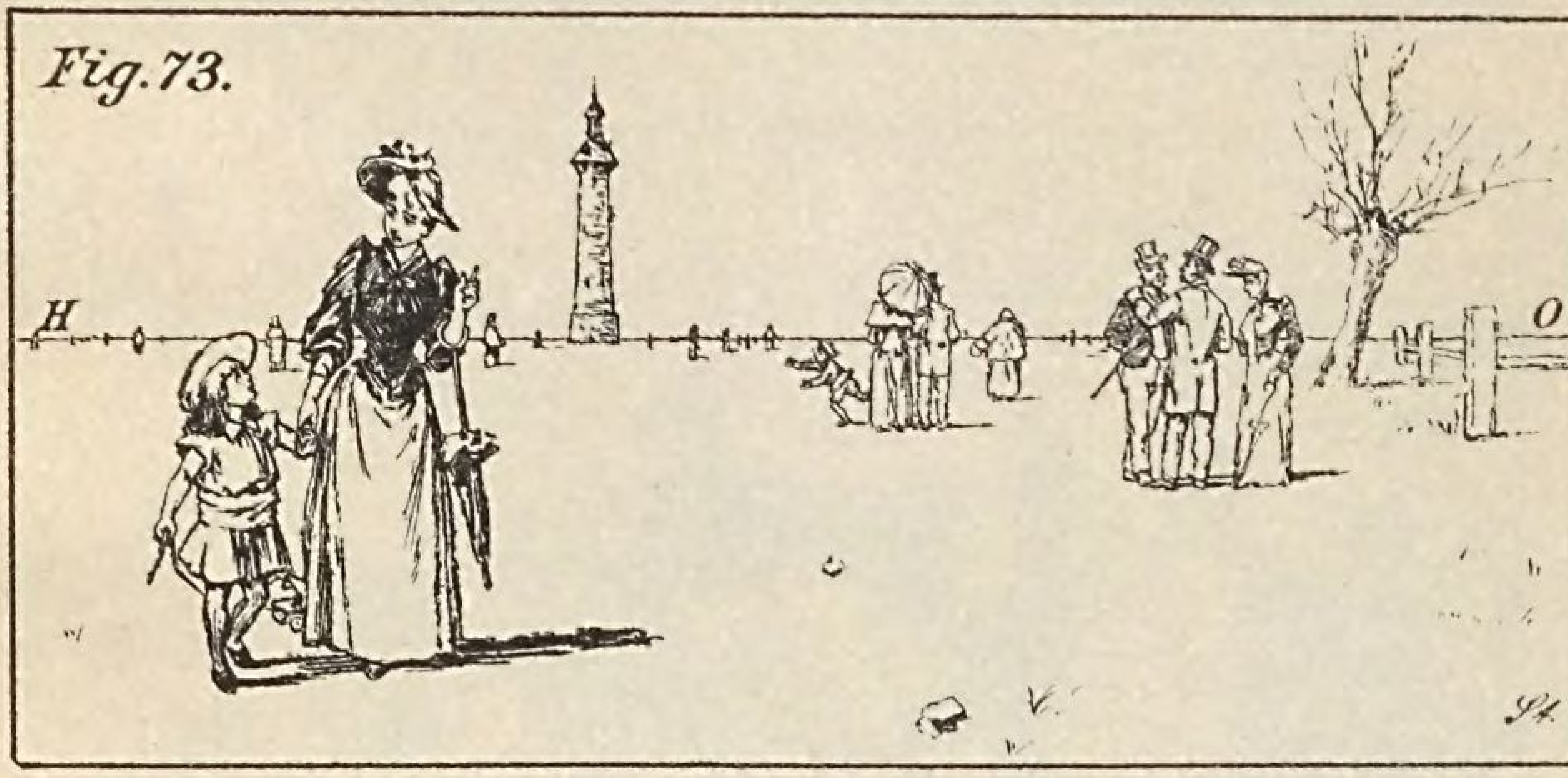



Fig. 74.

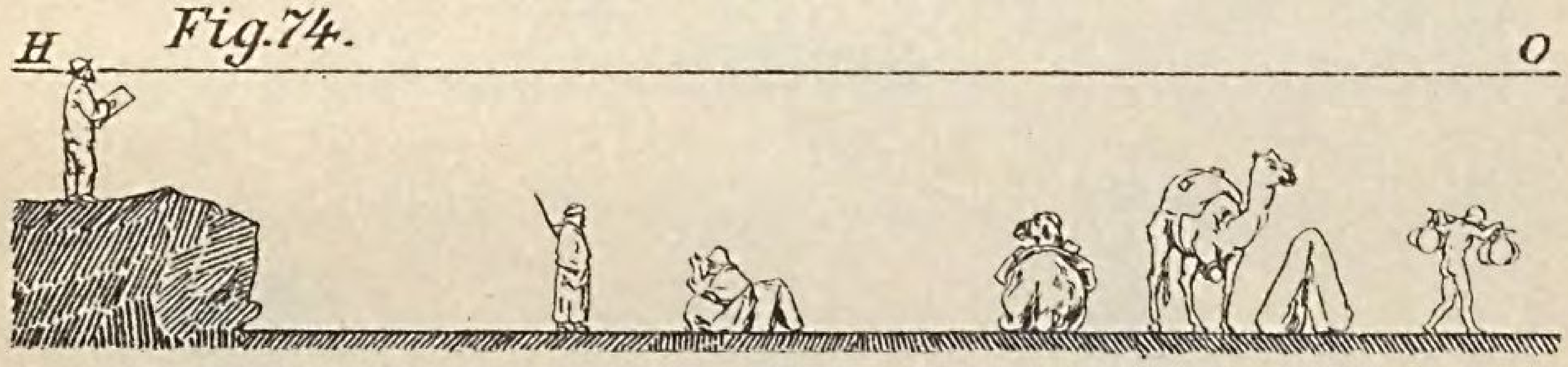
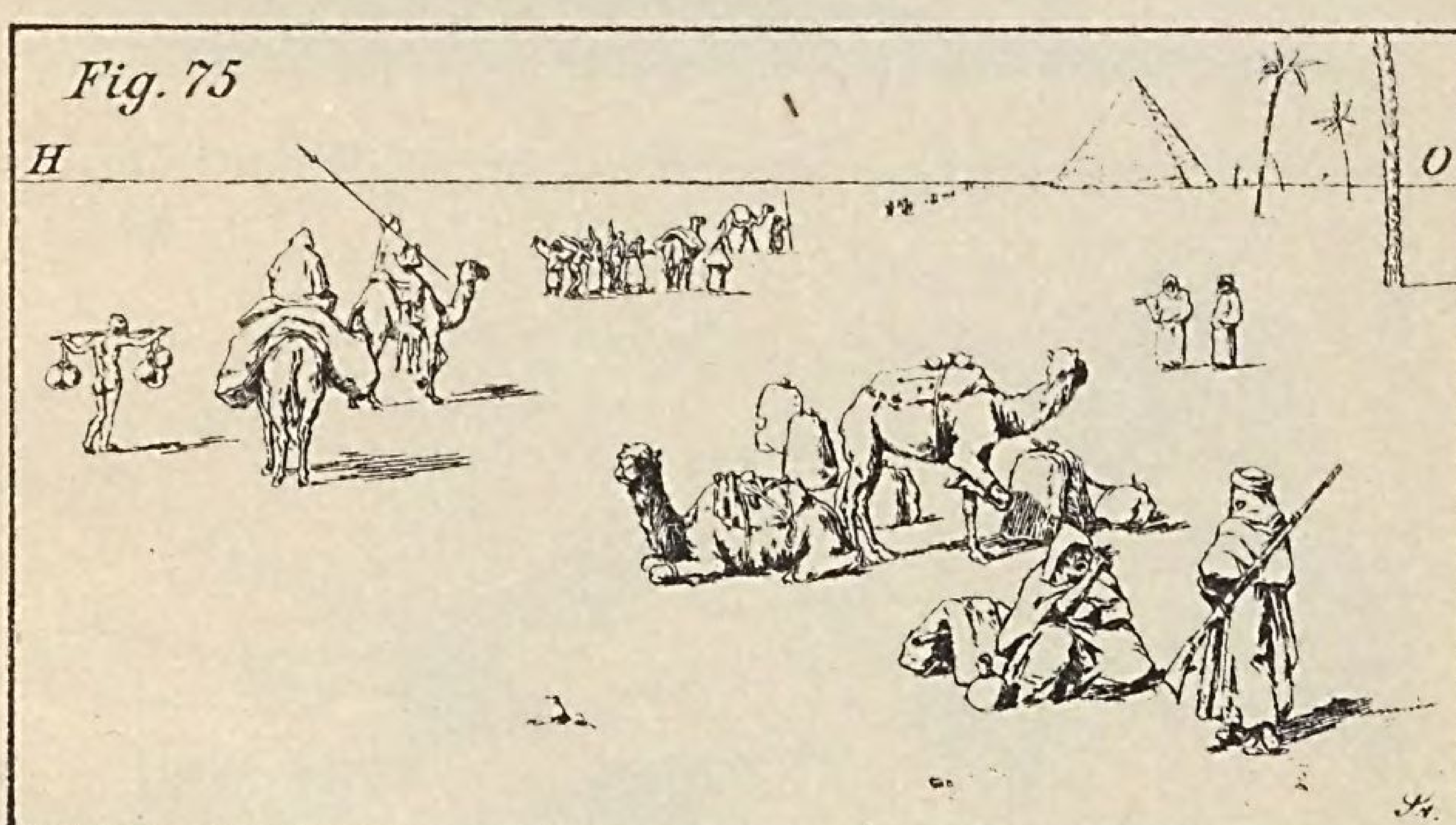



Fig. 75




Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Taf. IX.

Fig. 76.

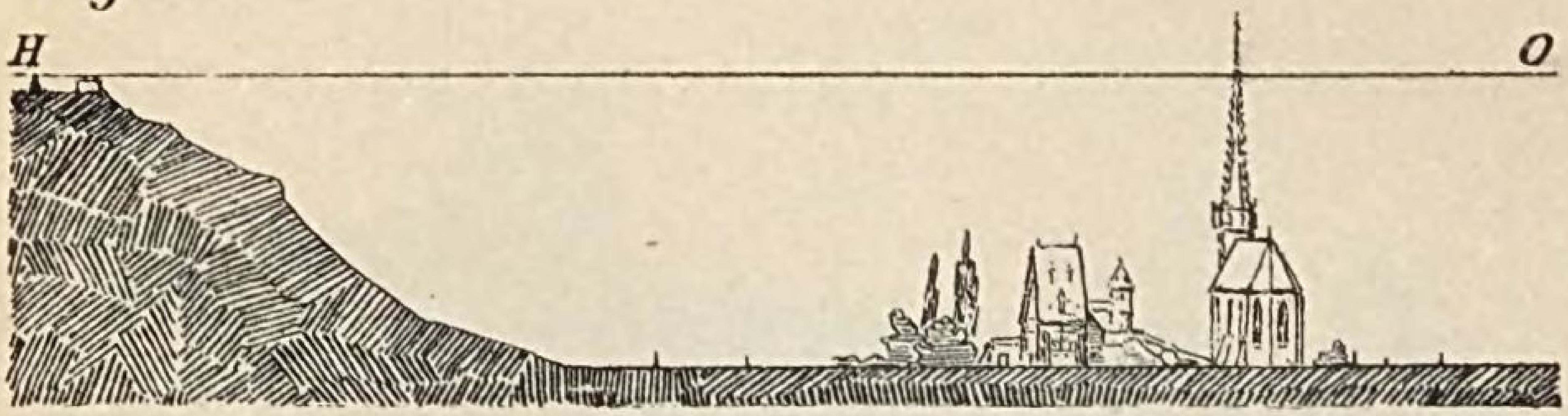



Fig. 77.

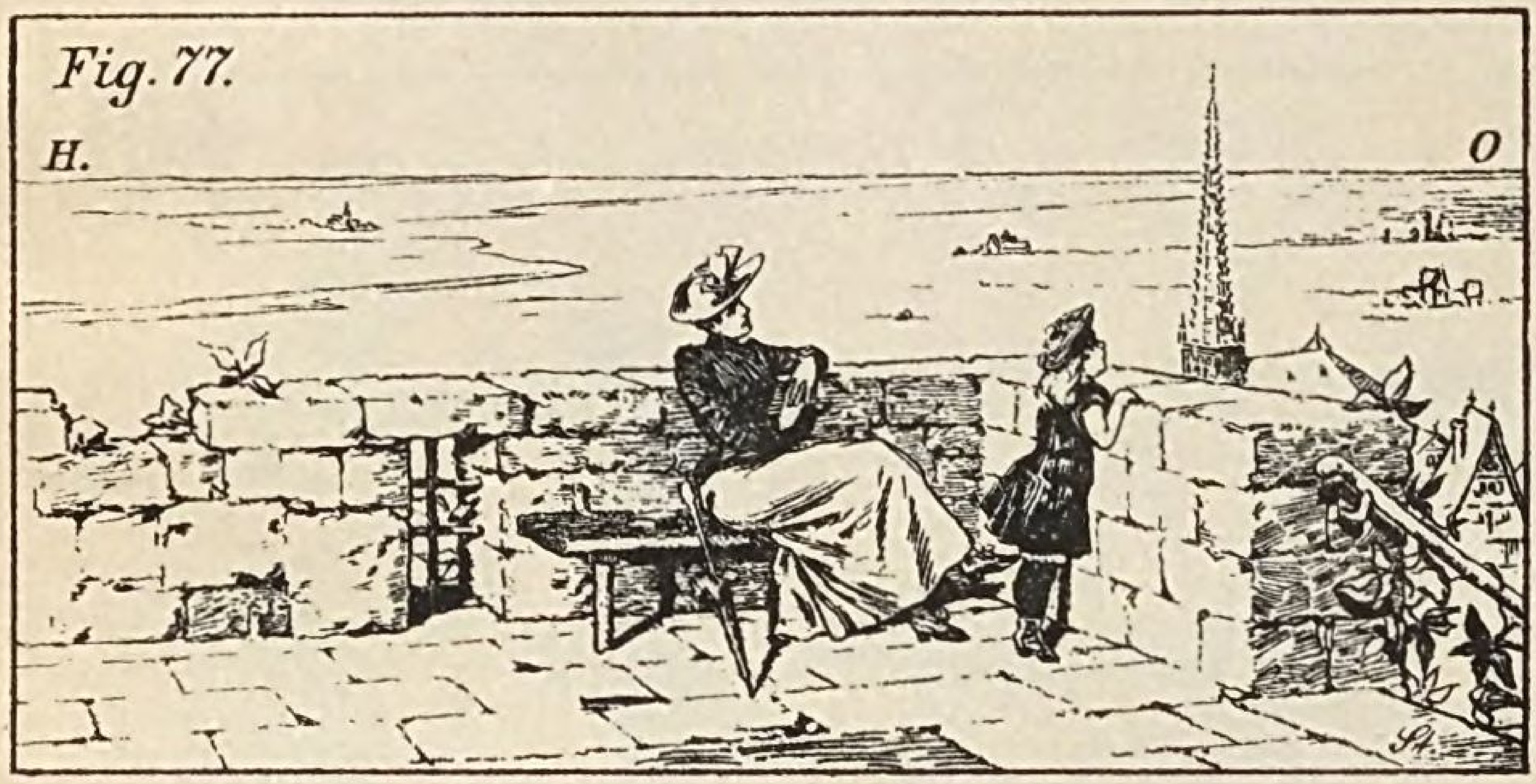



Fig. 78.

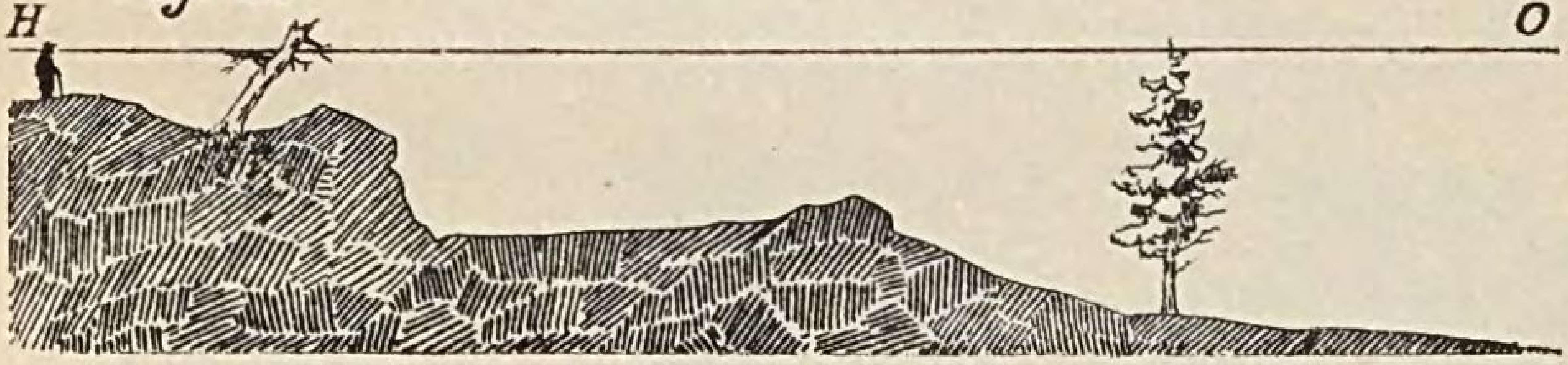
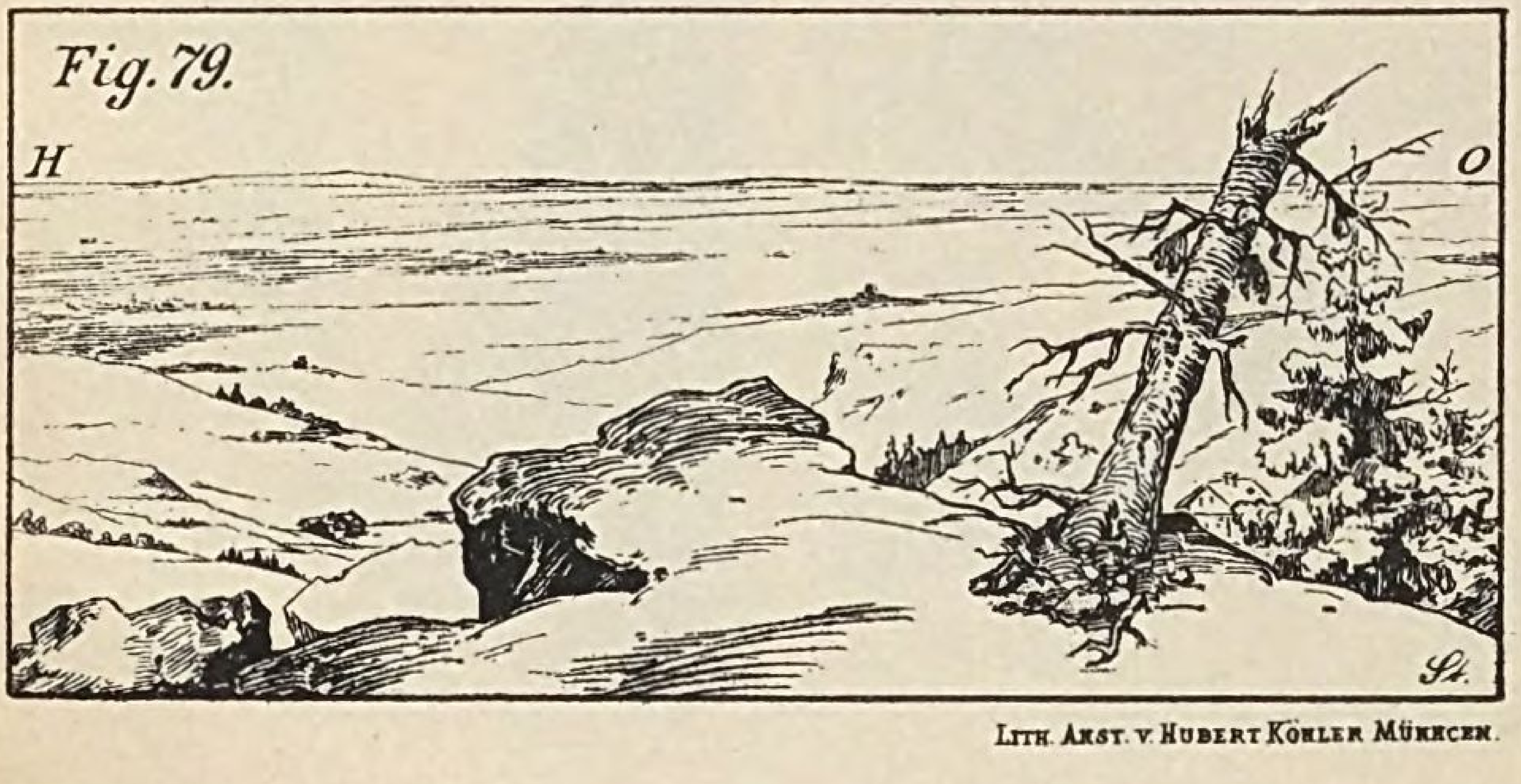



Fig. 79.




Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Fig. 80.

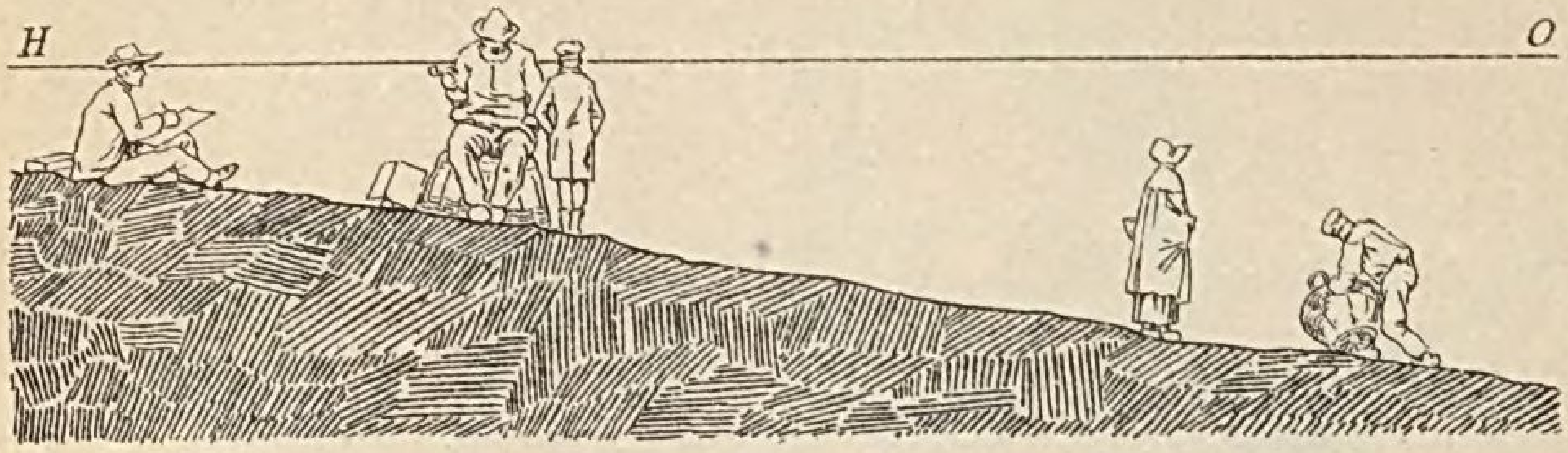



Fig. 81.

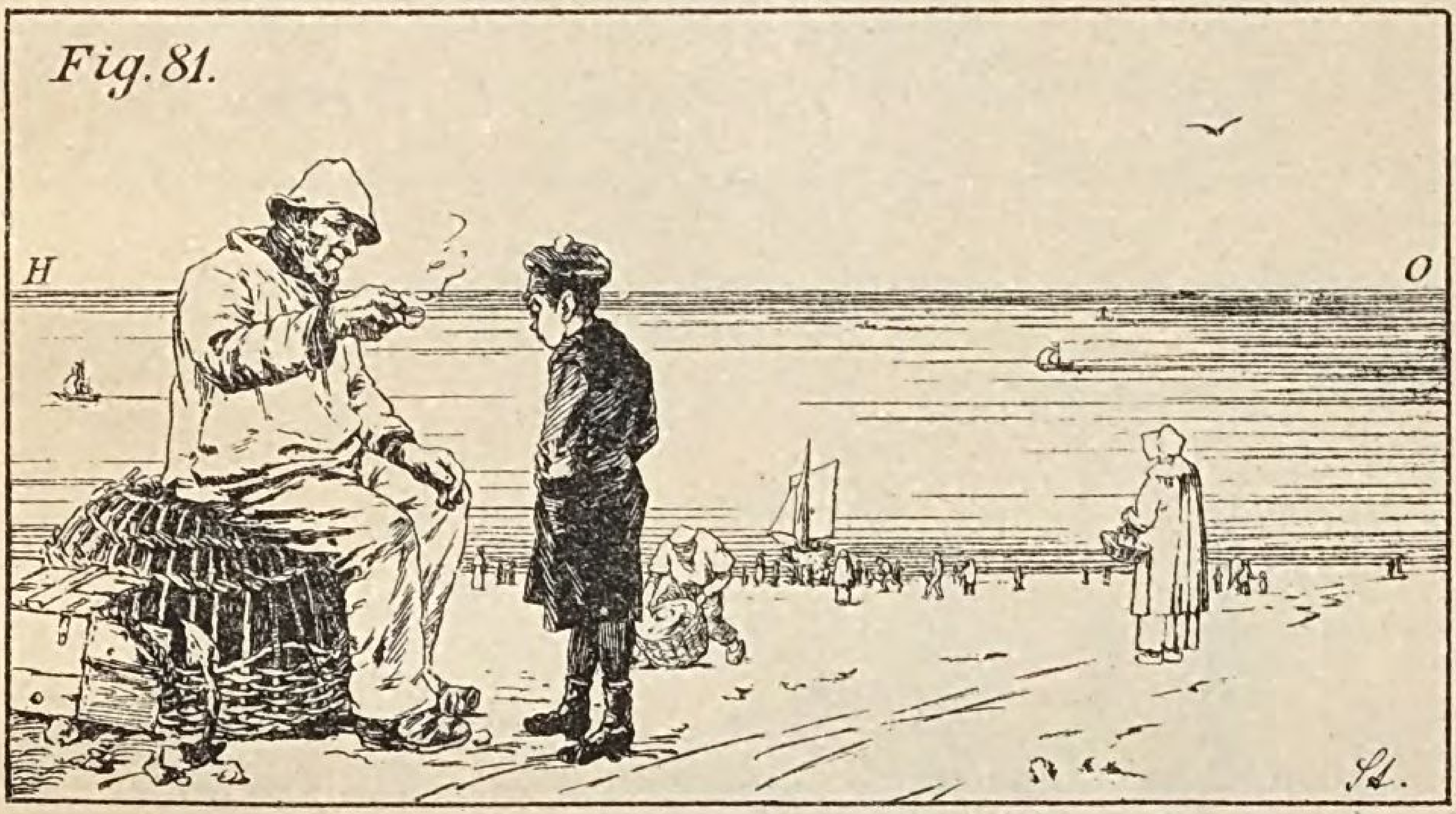



Fig. 82.

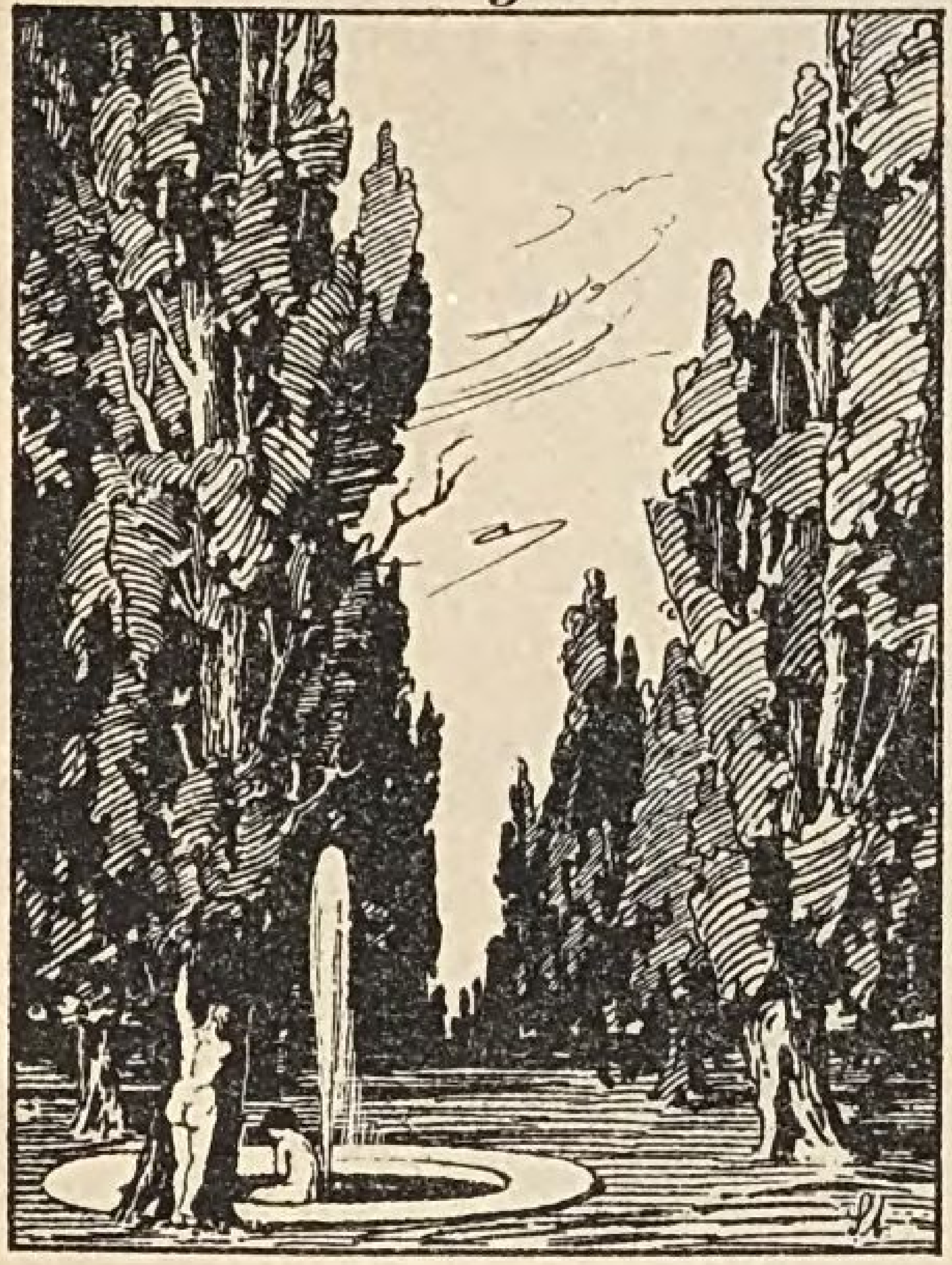


Fig. 83.



Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Taf. XI.

Fig. 84.

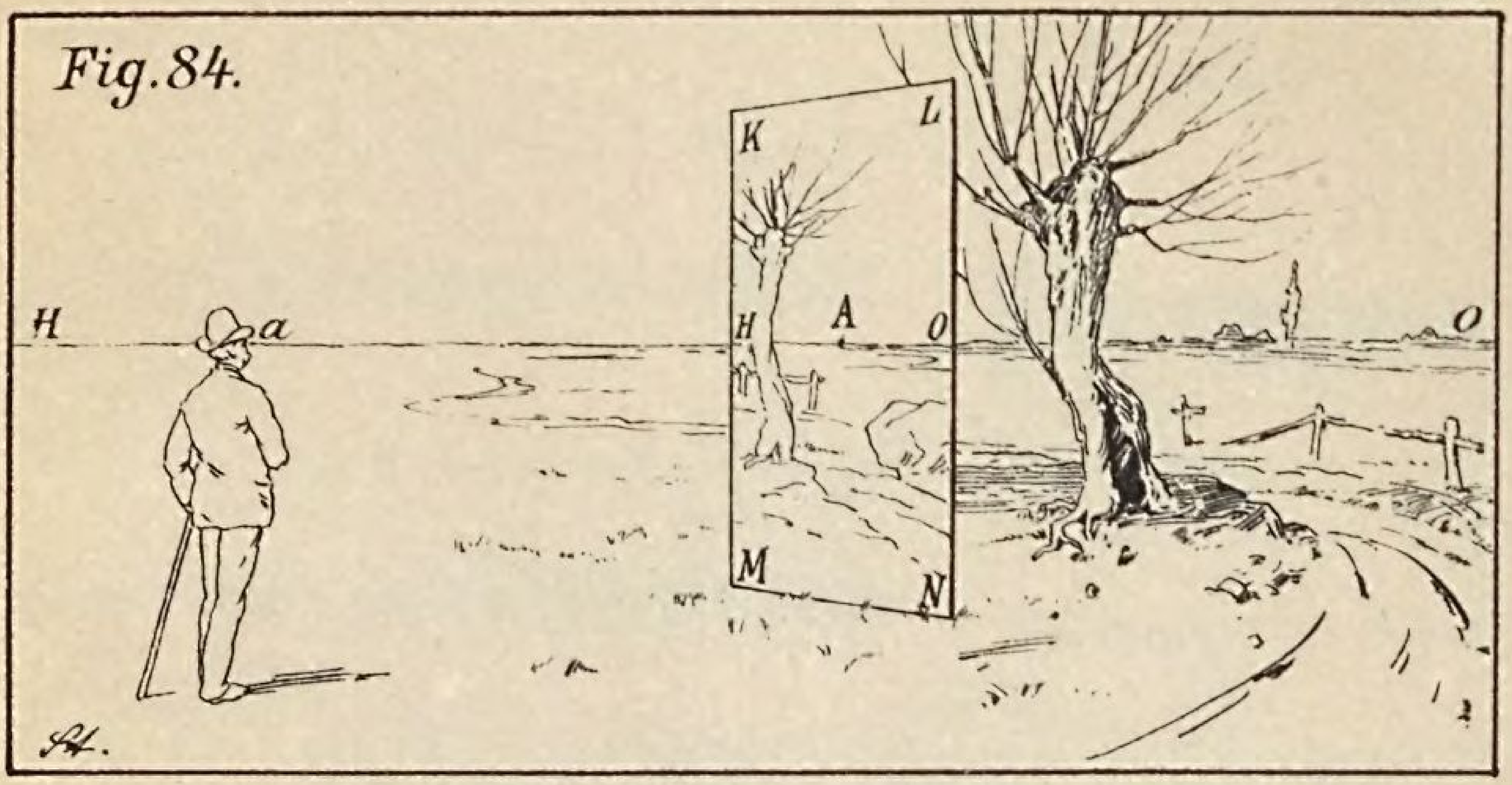



Fig. 85.

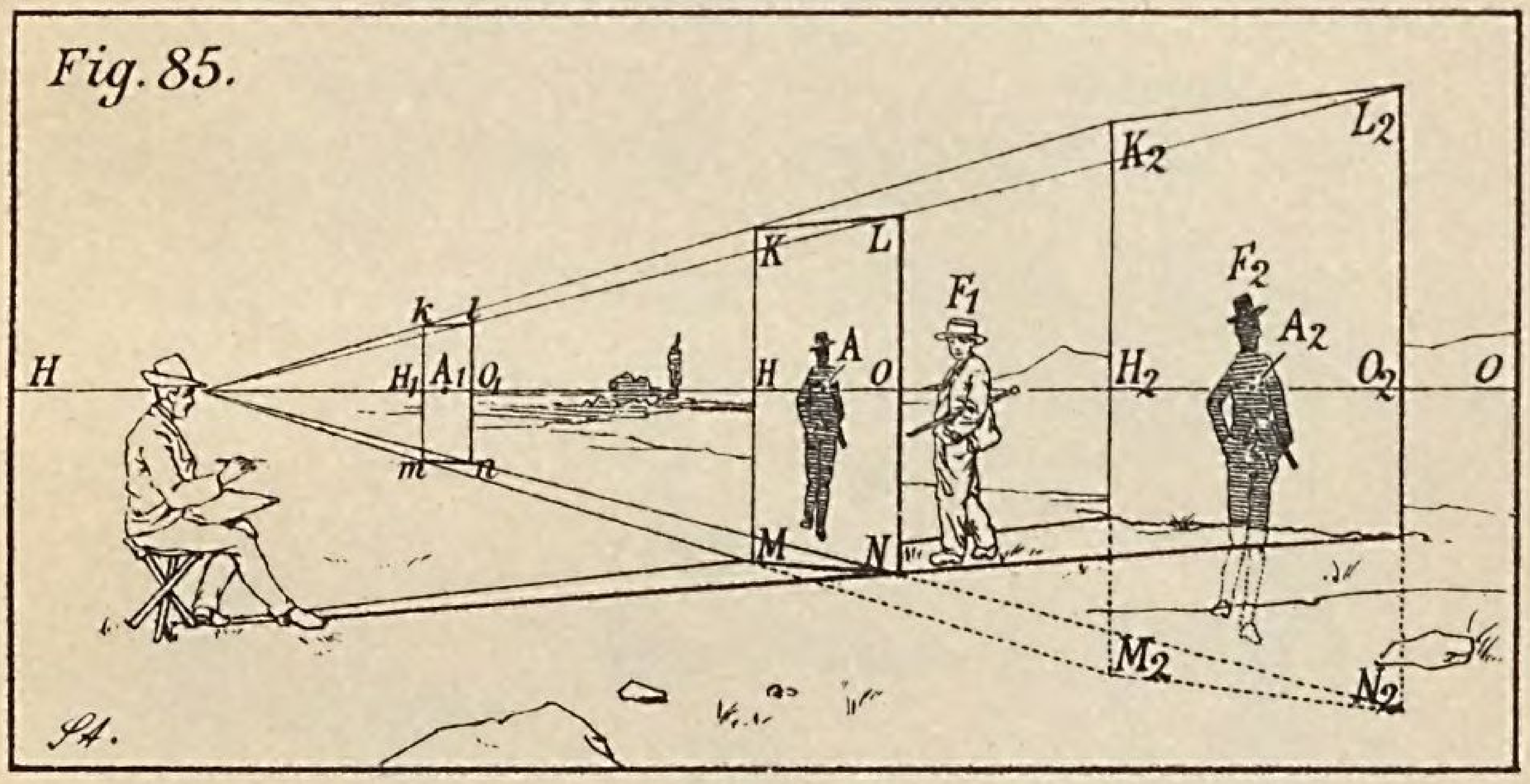
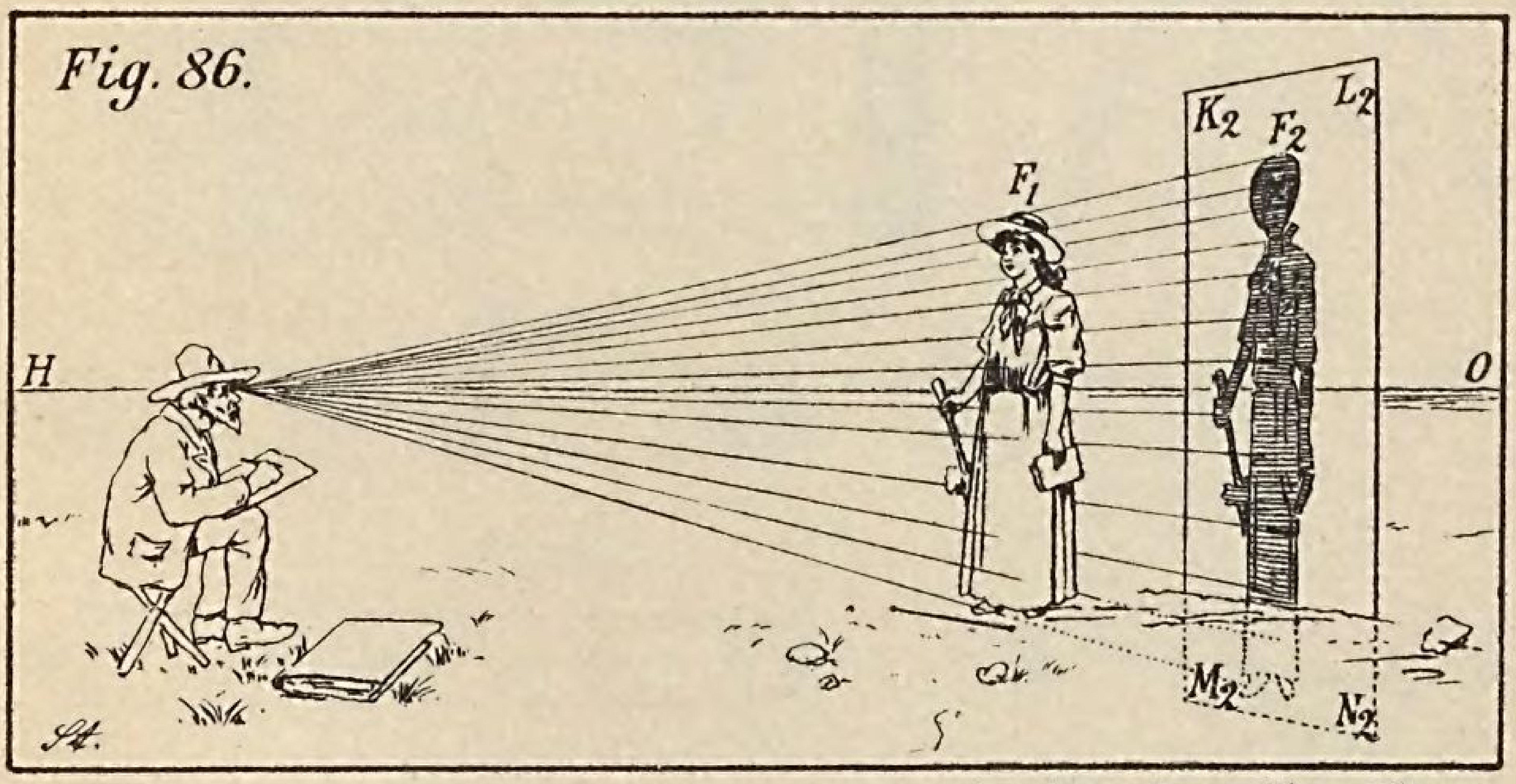



Fig. 86.




Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Fig. 87.

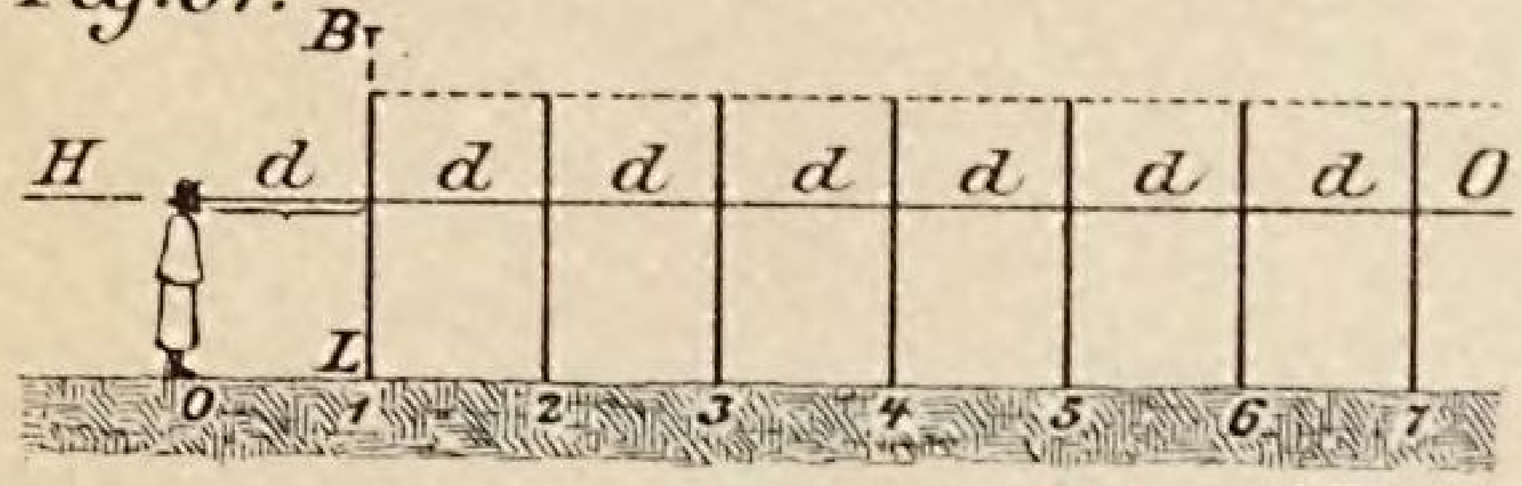



Fig. 88.

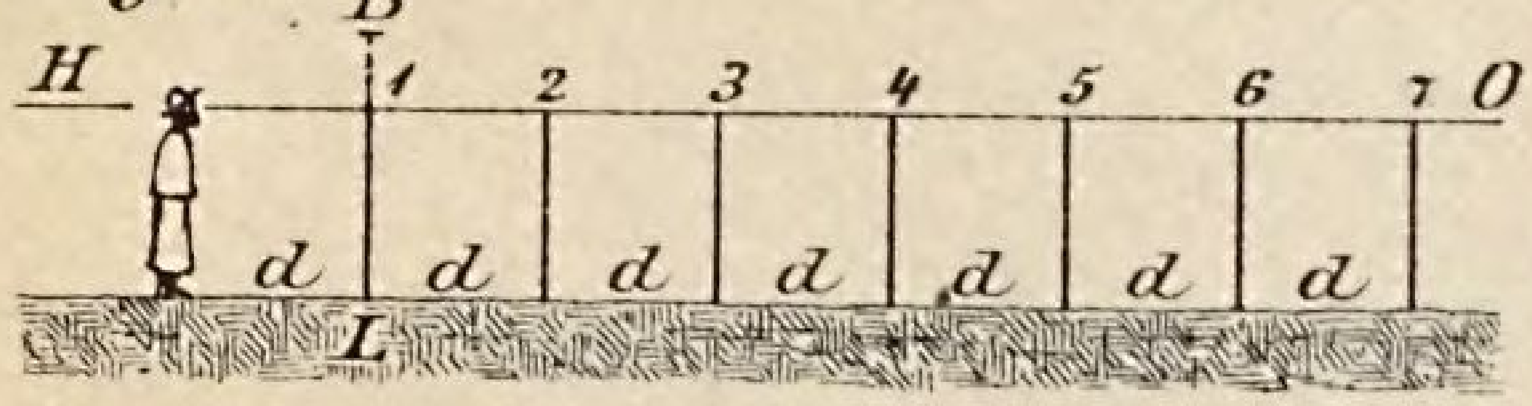



Fig. 89.

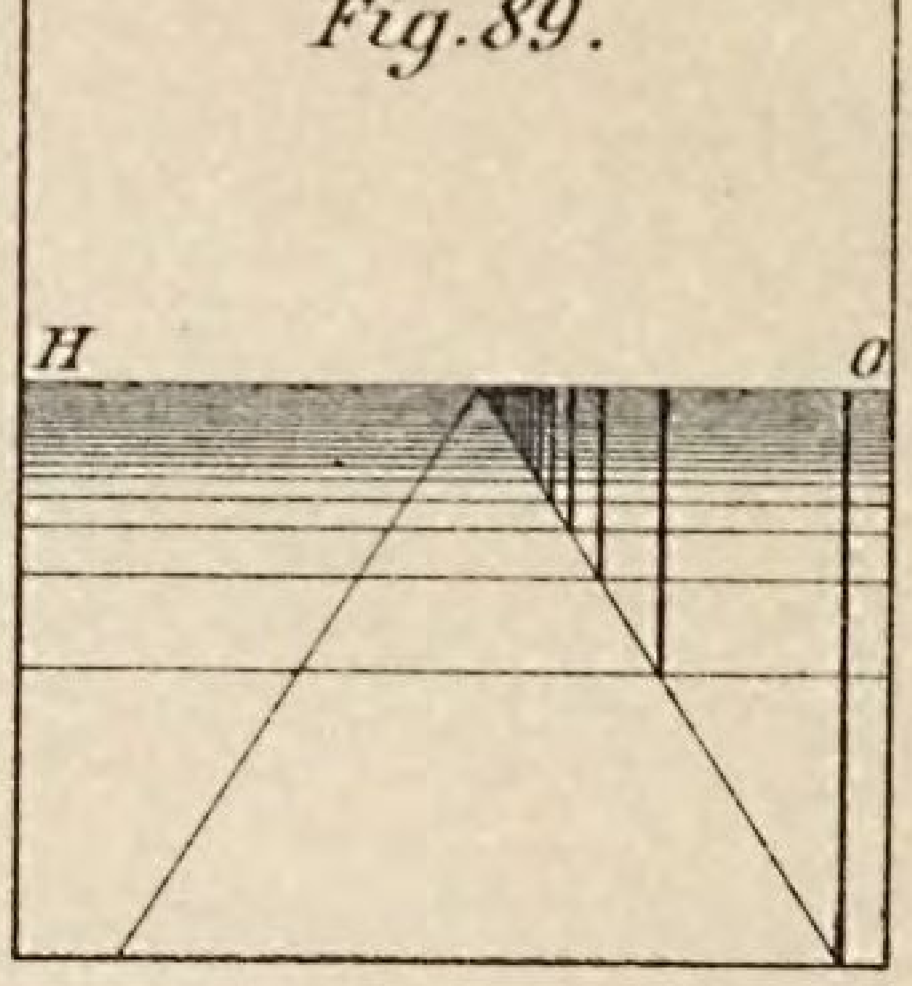



Fig. 90.

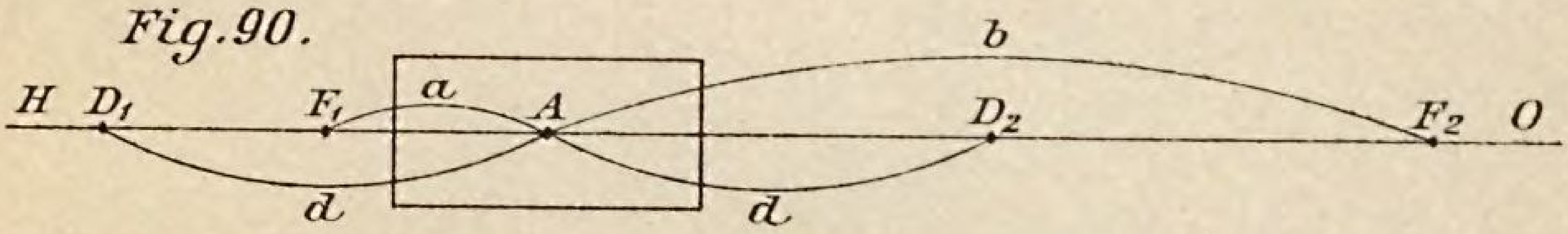



Fig. 91.

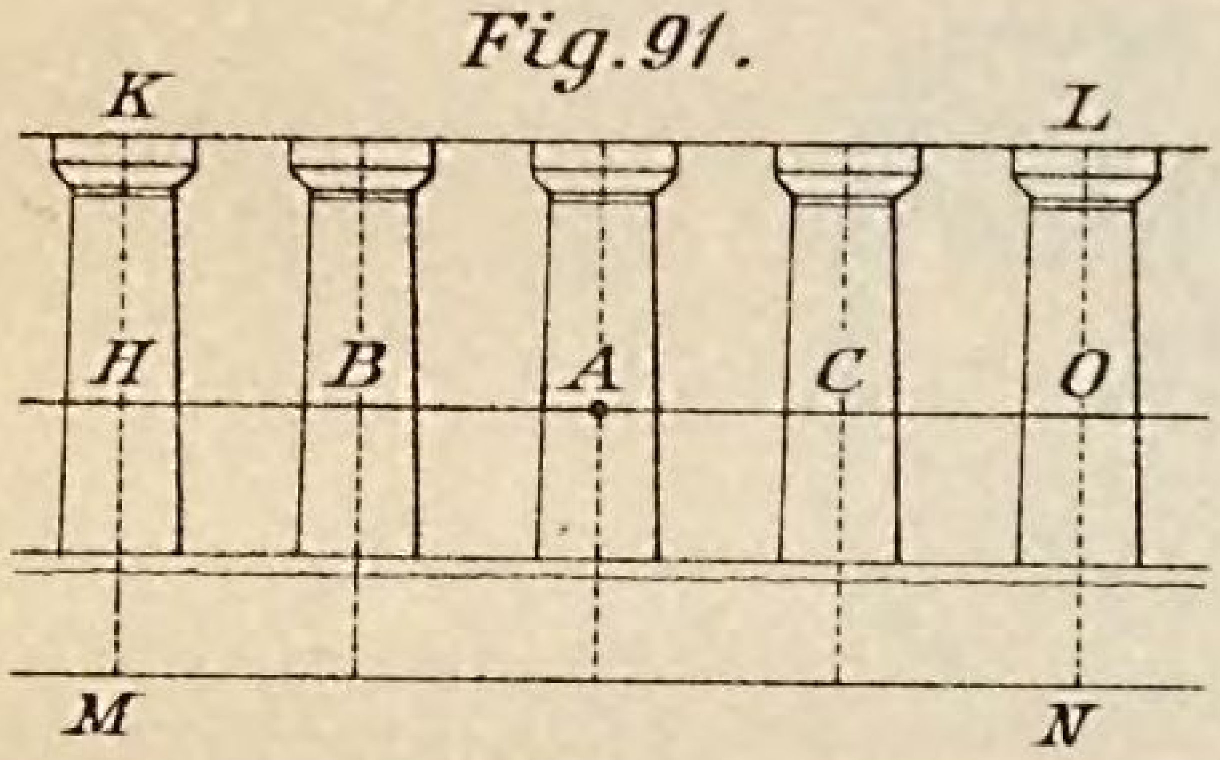



Fig. 92.

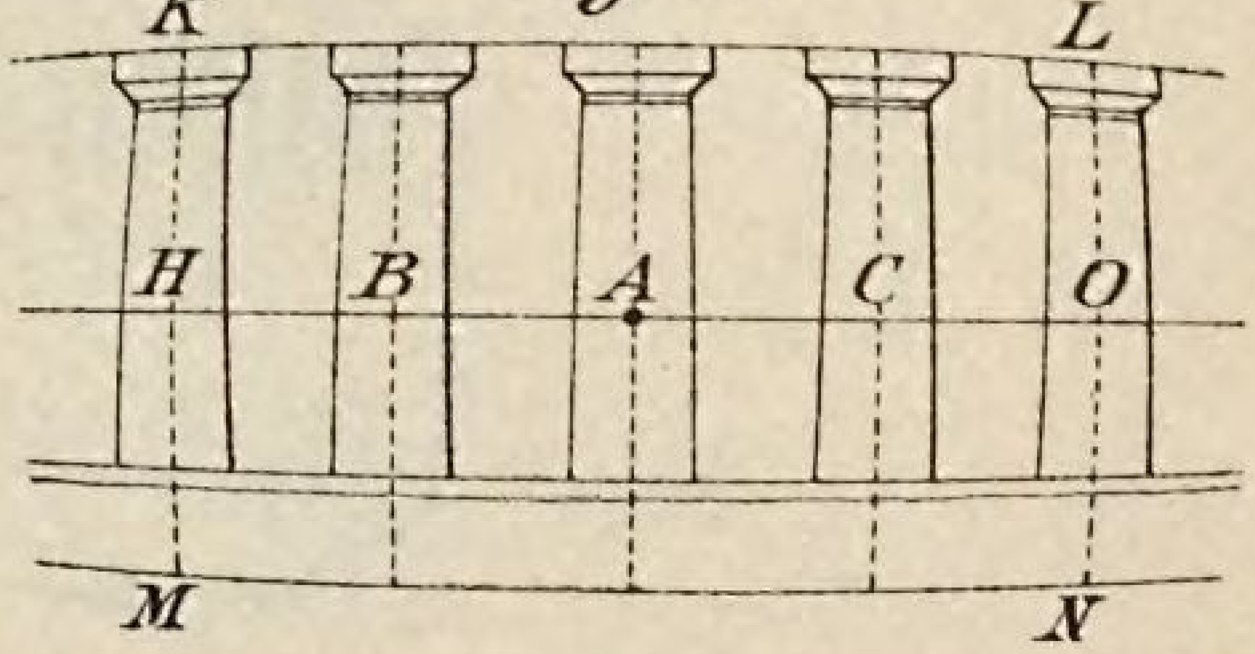



Fig. 93.

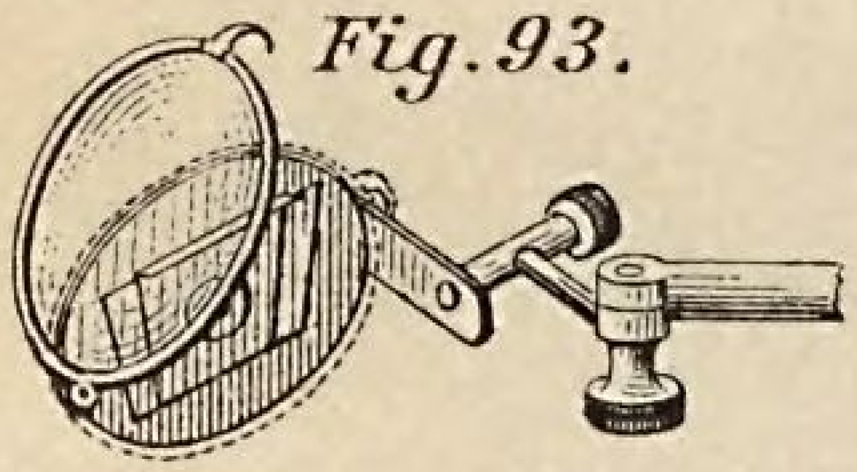


Fig. 94.

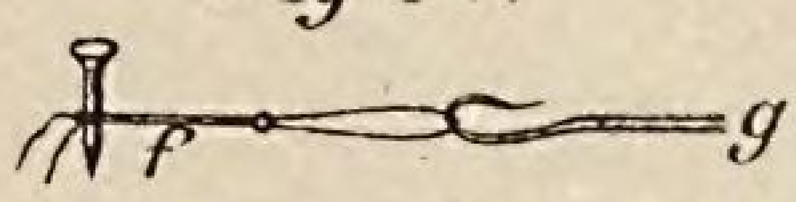



Fig. 95.



Fig. 96.

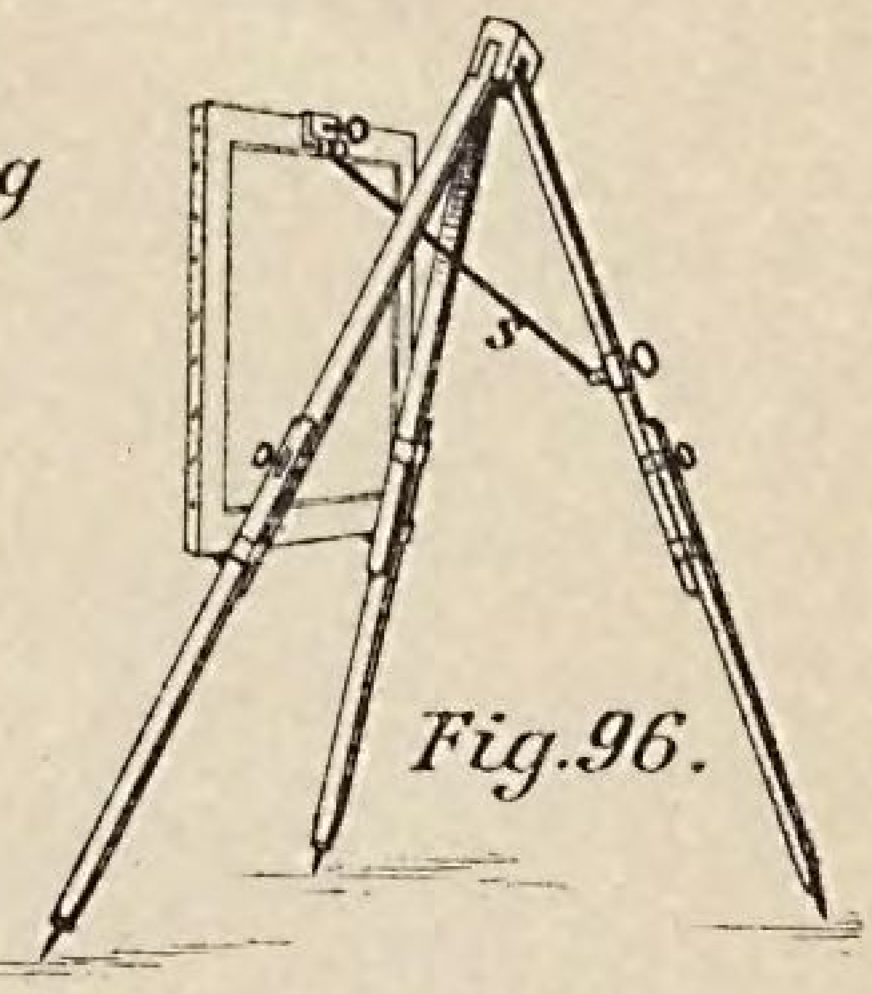



Fig. 97.

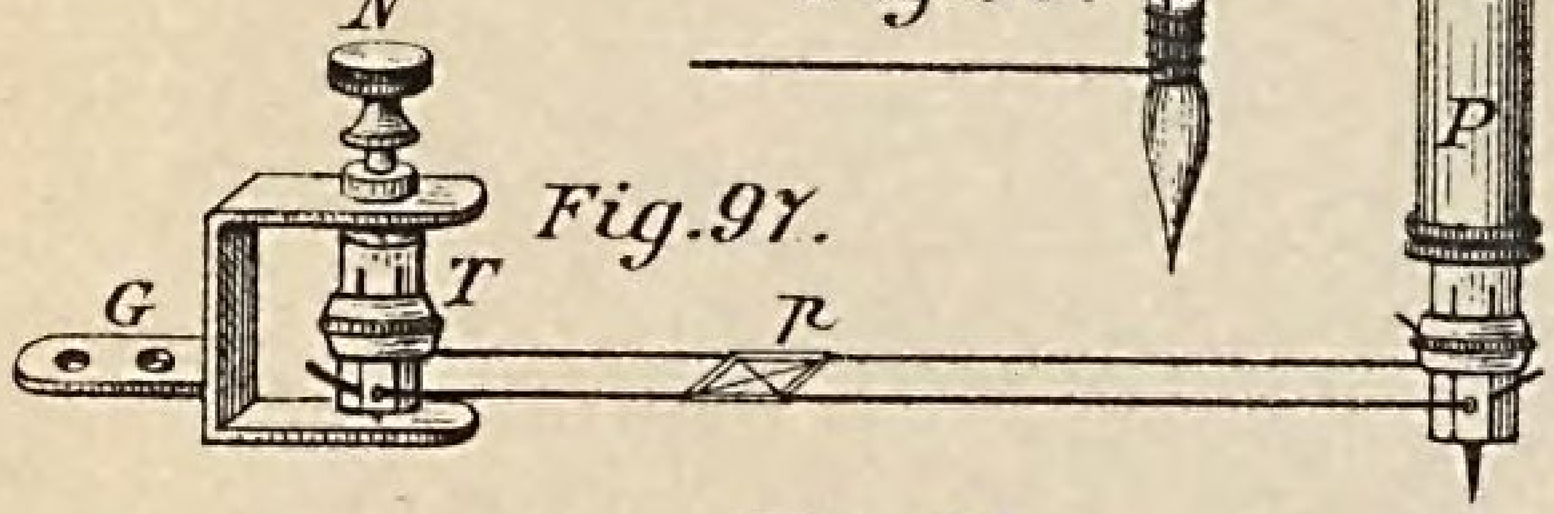



Fig. 98.

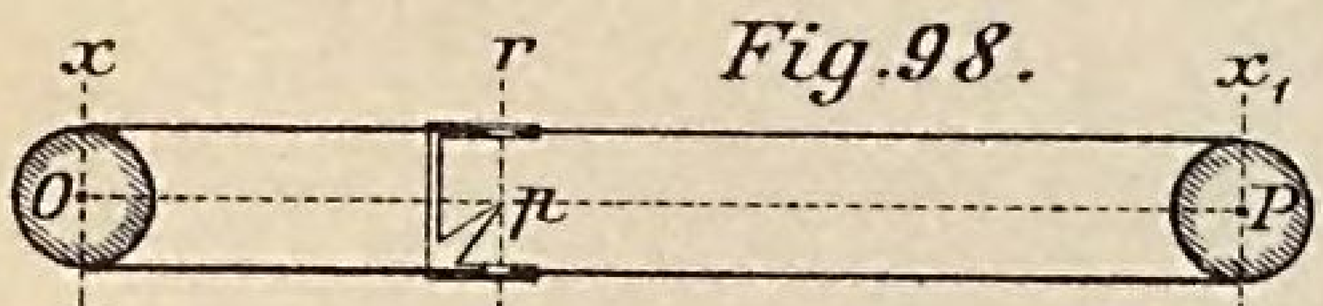



Fig. 99.

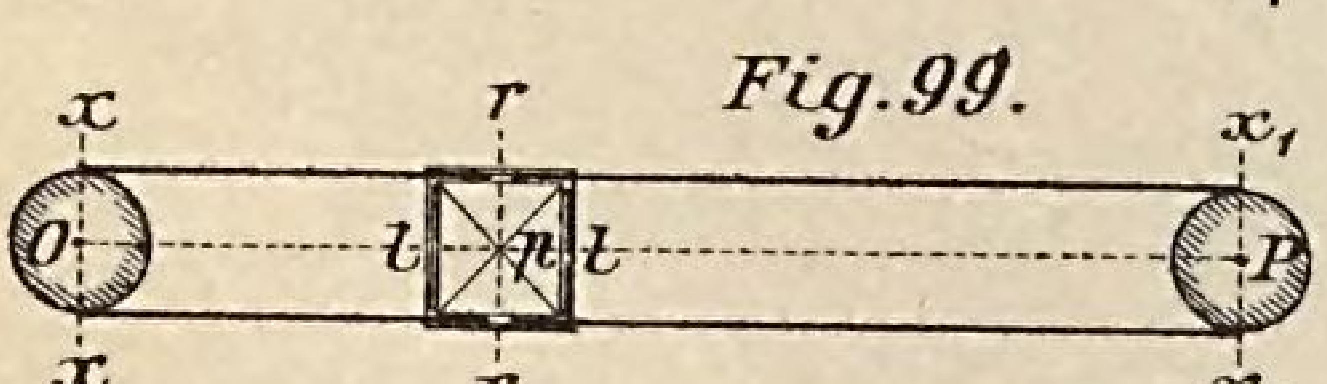
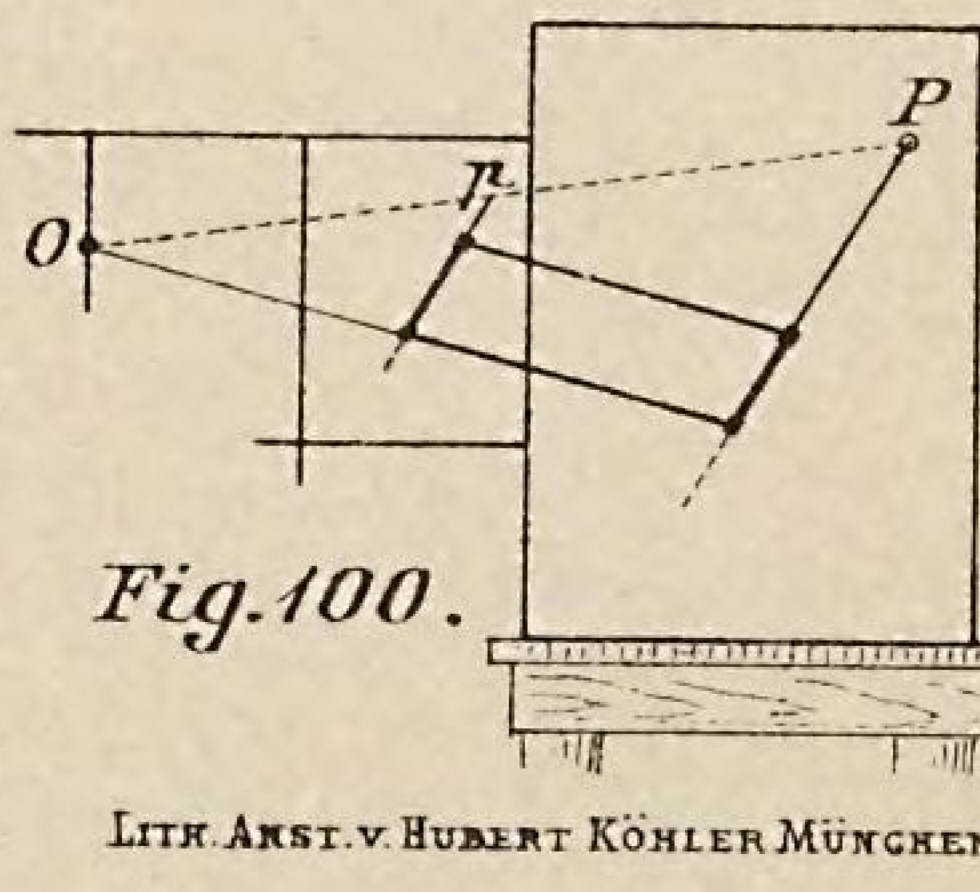



Fig. 100.




Lith. Anst. v. Hubert Köhler München.

Stühler, Martin,

Der  Perspektograph Ein Zeichenapparat ; Beschreibung und Anwendung des Apparates nebst einer Einführung in die Grundbegriffe der Perspektive für Malerei

München 1892